Der Weiße Jura „Epsilon" (Qu.)

Eine petrogenetische Untersuchung

/ Mit Tafel I—II und 25 Textfiguren /

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Fritz Berckhemer
aus Stuttgart

STUTTGART
Druck von Carl Grüninger Nachf. Ernst Klett
1919

Der Weiße Jura „Epsilon" (Qu.)

Eine petrogenetische Untersuchung

/ Mit Tafel I—II und 25 Textfiguren /

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Fritz Berckhemer
aus Stuttgart

BIBLIOTHEEK RIJKS UNIV. LEIDEN

STUTTGART
Druck von Carl Grüninger Nachf. Ernst Klett
1919

Von der Fakultät angenommen den 26. Juli 1913

Sonder-Abdruck
aus den Jahresheften des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg,
75. Jahrgang 1919

Der Weiße Jura „Epsilon“ (Qu.).

Eine petrogenetische Untersuchung.

Von **Fritz Berckhemer** aus Stuttgart[1].

Mit Taf. I, II und 25 Textfiguren.

Inhaltsübersicht.

1. Der zuckerkörnige Kalk. S. 20—29. — [Strukturloser Korallenkalk. S. 23. — *Ellipsactinia suevica* n. sp. S. 25. — Entstehung des zuckerkörnigen Kalkes aus den Hydrozoenriffen. S. 27. — Die Entstehung der Höhlen im Zuckerkorn und der Bolusletten (Terra rossa). S. 28.]
2. Der Dolomit. S. 29—35.
3. Der Marmor. S. 35—49. — [Kalktrümmerfels. S. 43. — Flaserkalke. S. 46.]
4. Der Korallenkalk. S. 49—57. — [*Solenopora polypora* Qu. S. 51. — Die Grenzbreccie. S. 52.]
5. Der Brenztaloolith. S. 57—60.

Zusammenfassung der beschriebenen oolithischen und Trümmerstrukturen. S. 60.

Die Rifffrage. S. 61—66.

Die Bedeutung der jurasischen Riffe für die Korallenrifftheorie. S. 66—69.

Vergleich der triadischen, jurasischen und rezenten Riffbildungen. S. 69.

Historisches. S. 71—78.

Zusammenfassung der Resultate. S. 78.

Verzeichnis der angeführten Literatur. S. 79.

[1] Verf. befand sich bei Ausbruch des Weltkriegs noch in Nordamerika, wo er 1913/14 die Stelle eines Assistenten an der Columbia-Universität in New York bekleidet hatte. Auf der Rückreise geriet er in französische Gefangenschaft und wurde auf Ile Longue bei Brest interniert, wo er sich zurzeit (1. Okt. 1919) noch befindet. Da die Redaktion mit der Veröffentlichung der schon 1913 fertiggestellten und für die Jahreshefte angenommenen Arbeit aus verschiedenen Gründen nicht länger warten zu sollen glaubt, bringt sie dieselbe hier zum Abdruck, wobei sie bedauert, daß dem Verf. nach Lage der Dinge keine Gelegenheit gegeben werden konnte, die Korrektur selbst zu besorgen und die ihm inzwischen wünschenswert gewordenen Änderungen vorzunehmen Red.

Die „ε"-Gesteine Quenstedt's bilden ohne Zweifel den rätselhaftesten und petrographisch am meisten differenzierten Teil des Weißen Jura. Das Thema bedarf kaum einer Rechtfertigung. Seit alters ragen diese Felsmassen wie mächtige Fragezeichen aus den jurasischen Ablagerungen hervor. Man muß sich nur wundern, daß ihre Bearbeitung nicht schon früher erfolgte. Was bis jetzt darüber existiert, sind lediglich Hypothesen.

Im folgenden soll nun auf Grund der Lagerungsverhältnisse, des mikroskopischen Bildes und unter Anwendung der ontologischen Methode ein Beitrag zur Kenntnis dieser Sedimente geliefert werden.

Quenstedt unterscheidet in seinem „ε": Marmor, Zuckerkorn, Dolomit, Korallenkalk und die „Oolithe" von Schnaitheim. Ich beginne mit dem zuckerkörnigen Kalk.

1. Der zuckerkörnige Kalk.

Das normale frische Gestein ist von lichtgelbbrauner oder rötlicher Farbe. Es flimmert an der Sonne wie zerschlagener Hutzucker. Der Bruch erscheint uneben, splittrig, die Bruchfläche rauh. Die Masse ist feinkristallin und sehr zäh. Wasserhelle Partien von gröberem Korn ziehen durch. Höhlen und Löcher zeigen sich immer. Sie sind gewöhnlich mit Calcit ausgekleidet und leer oder mit losem Dolomitsand erfüllt. Stellenweise finden sich darin grünliche und gelbliche, außerordentlich fette Letten in eigentümlich kleinknolliger Anhäufung, wie sie kolloidale Substanzen lieben. Nach Schübler wechselt das spezifische Gewicht zwischen 2,61 und 2,69. Der Kalk ist manchmal leicht dolomitisch, Ton ist sehr wenig vorhanden.

Wie im Handstück, zeigt sich auch im Dünnschliff ein Aggregat feiner Kalkspatkristalle. Dazwischen drängen sich Nester und Bänder von gröberem Korn; diese sind gewöhnlich wasserhell. Die feinen Partien erscheinen dunkler, gröbere Kristalle innerhalb derselben haben Flocken von Brauneisen zwischen sich eingeklemmt. Hier findet man, wenn auch seltener, die scharfen Rhombenschnitte des Dolomit.

Die Erscheinungsweise in der Natur ist charakteristisch. Die zuckerkörnigen Kalke bilden im frischen Anbruch fest zusammenhängende, ungemein kavernöse Massen. Die Hohlräume haben dabei eine ausgesprochen horizontale Tendenz. Gegen unten und oben, wo eine Stauung der atmosphärischen Wasser, bezw. eine häufige Berührung dieser mit dem Gestein stattfindet, ist es in bizarr-

geformte, unregelmäßige Blöcke von verschiedener Größe zerlegt. Oft müht man sich vergebens, einzelne Stücke aus dem Mauerwerk herauszunehmen; mit zahllosen Zacken und Höckern, Höhlungen und Unebenheiten sind sie gegenseitig fest verkeilt. Die Zwischenräume erfüllt rotbrauner Bolusletten, der der ganzen Ablagerung eine warme, auffallend gelbbraune Außenfarbe verleiht. Der zuckerkörnige Kalk ist regelmäßig von größeren, besonders vertikal sich erstreckenden Höhlen (Taf. I, 1) durchzogen, nach Engel (13, S. 446) liegen die meisten Albhöhlen in ihm. Sie sind bei Lonsee mit feinen Tertiärsanden erfüllt. Bei Westerstetten ist zwischen streifigem Letten ein breites Band von schwarzem Mangansuperoxyd eingebettet. Zu Urspring zeigt sich darin schichtweise ausgeschiedener Septarienkalk mit senkrechter Zerklüftung.

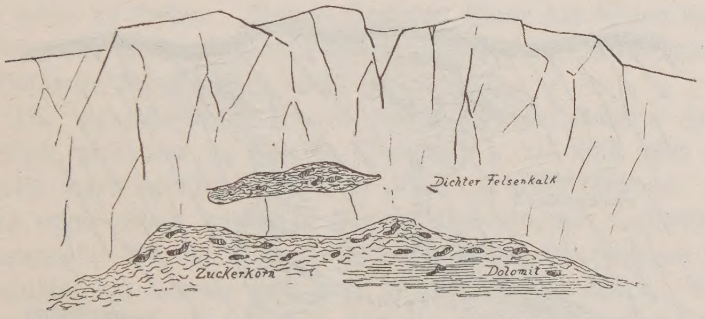


Fig. 1. Verbandsverhältnisse von Zuckerkorn, Dolomit und dichtem Felsenkalk bei Herrlingen im Blautal.

Die Zuckerkornmassen bilden keine zusammenhängenden Schichten. In gewächsartigen Stotzen liegen sie inmitten der dichten Felsenkalke, ohne jede Verbindung nach unten und oben. Sie sind weder an Spalten noch an die Oberfläche gebunden. In Lonsee bilden sie im unteren Teil des Bruches zwischen grauen kieselreichen Schwammkalken mit bankiger Absonderung mehr horizontal sich erstreckende Lager von unregelmäßigen Umrissen (Fig. 1). Im oberen Teil des Bruches finden sie sich im dichten homogenen, senkrecht zerklüfteten Kalke. Hier zeigt sich ein gewisses Höhenwachstum. In ähnlicher Weise sind sie in einem Aufschlusse zwischen Bermaringen und Weidach (Fig. 2), völlig isoliert und riffartig zwischen homogenen, dichten Kalken eingewachsen. Die Unabhängigkeit von der Oberfläche erkennt man am besten in den Massenkalkriffen von Herrlingen und Klingenstein (Fig. 1); hier

kommen die kristallinen, kavernösen Stotzen in frischem Anschnitt unter einer über 40 m hohen Wand von dichtem Felsenkalk hervor. An der Steige Blaubeuren—Sonderbuch (Fig. 3) erscheinen

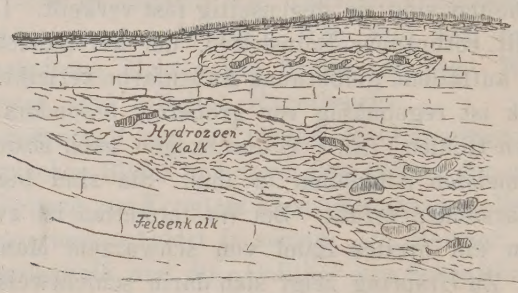


Fig. 2. Verbandsverhältnisse von Hydrozoenkalk und lagerhaftem Felsenkalk in einem Aufschluß zwischen Bermaringen und Weidach.

Fig. 3. Zuckerkorn und dichter Felsenkalk an der Steige Blaubeuren—Sonderbuch.

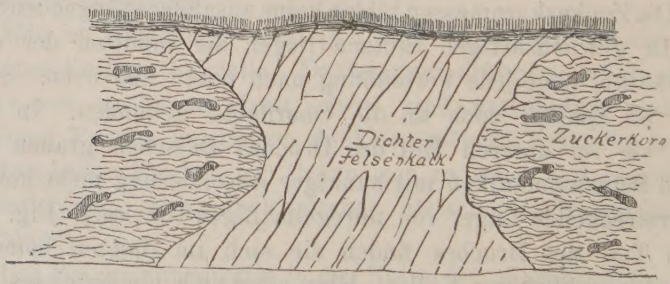


Fig. 4. Dichter Felsenkalk und zuckerkörniger Kalk an der Steige Blaubeuren—Sonderbuch.

in stetem Wechsel Zuckerkorn und dichter Felsenkalk. Man sieht hier deutlich, wie der letztere vom ersteren durchwachsen wird. Auf dem Staufenberg bei Nusplingen lagern sich die Zuckerkorn-

massen in beinahe ununterbrochenem Walle um die zentrale Einsenkung mit den Plattenkalken. Wir haben hier ein typisches Atoll.

Es wäre interessant, etwas Näheres über das Mengenverhältnis von dichtem Felsenkalk und zuckerkörnigem Kalk zu wissen. Allein es läßt sich darüber nichts Bestimmtes sagen, weil die alte Kartierung 1 : 50000 den letzteren nicht eingezeichnet hat. Soviel ich nach drei Monate langen Streifzügen über die ganze Ostalb urteilen kann, überwiegt der dichte Felsenkalk weitaus, dabei wird man aber kleinere Vorkommen von Zuckerkorn nirgends vermissen, in manchen Gegenden dieselben sogar vorzugsweise entwickelt finden; so bei Offenhausen—Marbach, Scharenstetten—Radelstetten, auf der Hochfläche von Kolbingen und dem Staufenberg bei Nusplingen; von Geislingen bis Westerstetten tritt er überall in kräftigen Massen zutage. Wenn auch oberflächlich fehlend, ist er an den Steigen doch meist zu finden. „Gerade Gesteine dieser Art bilden auf der Alb eine der bedeutendsten Flächen, sie sind für Schwaben, was die Dolomite für Franken sind“ (61, S. 447).

Die eigentümlichen Massen finden sich auf unserer Alb bekanntlich nicht nur im Epsilon Quenstedt's, sie sind auch schon in Delta stark entwickelt, und im „Jura“ (S. 690) heißt es: „öfter lagern sogar schon mitten in Gamma Dolomit und zuckerkörnige Kalksteine“. Wo der obere Jura in der Fazies der plumpen Kalke ausgebildet ist, scheint sich auch Zuckerkorn zu finden. Vogelgesang und Zittel beschreiben dasselbe aus den Umgebungen von Möhringen und Meßkirch. Im Klettgau und Randen unterscheiden die Gebr. Würtemberger neben der Schwammfazies noch eine solche der zuckerkörnigen Kalke. Schalch gibt sie aus Kanton Aargau, Höhgau und Schienerberg an. Pompeckj (60) erwähnt solche aus dem Frankenjura.

Strukturloser Korallenkalk.

In den Korallenlagern finden sich neben dichten Kalken mit wohlerhaltenen Korallen strukturlose, zuckerkörnige Massen (Arneck, Wippingen, Sirchingen, Blaubeuren, Ettlenschieß). Beide Gesteine sind in derselben Weise den Atmosphärilien ausgesetzt, diese können also nicht die letzte Ursache des Unterschiedes sein. Die mikroskopische Untersuchung ergab nun, daß die hochkristallinen Kalke durch Massenkorallen gebildet werden. In den dichten Kalken aber haben wir ästige Korallen, deren Zwischenräume von Detritus

erfüllt sind. Stellen wir die ursprünglichen Eigenschaften beider Ablagerungen einander gegenüber, so haben wir einerseits: homogen gebaute Masse, detritusarm, gleichmäßig porös-zellig und mit organischer Substanz durchzogen, auf der andern Seite keine Homogenität, viel Detritus und Kalkschlamm, die organische Masse spärlicher und unregelmäßig verteilt. Joh. Walther (84) hat ganz ähnliche Verhältnisse aus den Lithothamnienlagern des Golfes von Neapel beschrieben: „Wenn sehr viel Kalk- oder Schlammdetritus zwischen die einzelnen pflanzlichen Partien eingemengt ist, endlich wenn einzelne Lithothamnienknollen in einem Detrituskalk vorkommen, oder Ästchen und Bruchstücke derselben in solchem liegen, wird diese Metamorphose nicht vor sich gehen“ (S. 342). „Sie findet aber mit Notwendigkeit statt, wenn ein geschlossenes Algenlager in größerer Mächtigkeit auftritt“ (S. 343).

In Dünnschliffen durch Massenkorallen sieht man da, wo sie an den Detritus grenzen, die Zellen gut erhalten. Je mehr man sich aber von dieser Grenze entfernt, desto strukturloser wird der Kalk. Die Zellen sind mit infiltriertem, grobem Calcit ausgefüllt. Diese Füllmasse ist vom ebenfalls grobkristallinen Sklerenchym nur durch eine feine Linie getrennt. In dem Maße, wie man in die Koralle eindringt, verschwindet diese Linie durch leichte Umkristallisation des Calcits. Letzteres geschieht sehr leicht, denn die Koralle verhält sich den atmosphärischen Sickerwassern gegenüber wie ein Schwamm. Der grobe Calcit ist von vielen Spaltungsflächen, Rissen und Korngrenzen durchzogen. Rauff (69, S. 221) hat gezeigt, daß „diese Spalten des Kalkspats im Gegensatz zum dichteren Kalkstein Flüssigkeit leicht leiten“. Wie weit eine ursprüngliche Obliteration des Skeletts sich damit vereinigt, kann ich nicht angeben. Hinzufügen möchte ich eine Bemerkung Guppy's (86) über diese Vorgänge bei rezenten Korallen: „Die porösen und feinzelligen Korallen wie *Porites* verlieren zuerst ihre charakteristische Struktur, gewöhnlich gehen sie über in ein drusiges Stadium, wo sie einen zuckerähnlichen Habitus besitzen. Endlich werden sie durch die beständige Durchsickerung mit kalkhaltigem Wasser vollkommen dicht und bieten dann dem Auge keinerlei Struktur dar.“ Die so entstandenen Aggregate sind schneeweiß und von metamorph entstandenem Marmor nicht zu unterscheiden. Sie übertreffen letzteren noch an Reinheit, wie folgende Analysen von Leube (44) zeigen.

	Arneck (spez. Gew. 2,679)	Carrara (spez. Gew. 2,666)
Kohlensaurer Kalk	99,908	99,695
Kohlensaures Magnesium .	0,063	0,147
„ Eisenoxydul .	0.029	0,158
	100,000	100,000

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, daß die Entstehung strukturloser Kalke an folgende Verhältnisse gebunden war:

Anhäufung homogen gebauter Kalkzellen, gleichmäßig darin verteilte organische Substanz, Fehlen größerer Detritusmassen.

Mit diesem Ergebnis ging ich an den zuckerkörnigen Kalk heran, und es ist mir gelungen, darin in gesteinsbildender Weise Hydrozoen nachzuweisen. Der Aufbau aus übereinanderliegenden Kalkblättern, die gleiche Dicke dieser und der Zwischenräume, die Tendenz der Laminae, sich in der Horizontalrichtung zu teilen, vereinigen diese Organismen mit der Gattung *Ellipsactinia* Steinm. In dem Fehlen regelmäßiger Vertikalpfeiler sehe ich kein Hindernis einer Vereinigung mit *Ellipsactinia*, da sowohl Zittel (96, S. 286) als auch Koken (Leitfossilien 1896, S. 326) diesen Mangel gerade als charakteristisch für letztere Gattung angeben.

Ellipsactinia suevica n. sp.

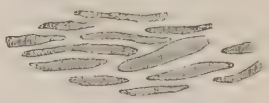
(siehe Taf. I, 3 u. 4; Taf. II, 1; Fig. 5—6).

Die Form ist nicht die eines Ellipsoids, sondern eine mehr horizontal gestreckte, leicht gekrümmte. Laminae und Interlaminarräume sind im Mittel je 0,5 mm stark. Regelmäßige Vertikalpfeiler fehlen. Die Kalkblätter treten unmittelbar miteinander in Verbindung oder diese wird durch ein dickeres Kalkstück vermittelt. Die Lamellen sind an den Berührungsstellen leicht gegeneinander gewölbt. Meist tritt bei gleichbleibender Dicke eine Teilung der Kalkblätter in der Horizontalrichtung ein. Dabei kann ein Blatt verschiedene Ausläufer abgeben, die sich dann gegenseitig vereinigen und wieder teilen, oder es treten die Zweige einer Lamelle mit denen einer anderen in Verbindung. Die so entstehenden linsenförmigen Polypenräume kommunizieren durch schiefe Durchbrüche. Neben den gröberen Skeletten, bei denen etwa 12 Laminae auf 1 cm kommen, finden sich auch überaus fein lamellierte. Bis zu 30 und mehr Blättchen und ebensoviele Zwischenräume konnte ich hier zählen. Häufig finden sich kegelförmige, vertikale Anschwellungen

inmitten des Skeletts. Sie bestehen aus klarem Calcit, und Steinmann glaubt, daß Fremdkörper die Ursache davon sind.

Von *Ellipsactinia ellipsoidea* Steinm. (77) unterscheidet sich unsere Form durch das mehr horizontale Wachstum, das Fehlen regelmäßiger Vertikalpfeilerchen, die gesetzmäßig auftretende Flaserstruktur der Zellen und die teilweise außerordentliche Feinheit der Skelettelemente.

5



6

Fig. 5 u. 6. Unregelmäßige Flaserstruktur der Ellipsactinien. Bermaringen—Weidach.

Die Mikrostruktur der Kalkfaser der Ellipsactinien war nach Steinmann die kristallinisch-strahlige: „Trotz wenig günstiger Erhaltung sieht man im Dünnschliff zuweilen noch die radiäre Anordnung der Kalkelemente angedeutet.“ Dasselbe ist bei den Steinkorallen der Fall. Die Übereinstimmung geht aber noch weiter: „Bei der Gattung *Madrepora* enthalten die Kalkfasern des Gerüstes in der Mitte eine dunkle, nicht sehr dicke Substanz. Dieselbe Erscheinung zeigt *Ellipsactinia*.“ „*Ellipsactinia* ist durch die Mikrostruktur des Gerüstes mit den lebenden Korallen verknüpft“ (77). Steinmann meint, daß schon die strahlige Anordnung die aragonitische Modifikation des Kalkes wahrscheinlich mache. Dies wird bekräftigt durch die Tatsache, daß das Skelett der rezenten Hydrozoen aus Aragonit besteht (50).

Die Ellipsactinien sind die mesozoischen Vertreter der paläozoischen Stromatoporiden und der kainozoischen Hydrocorallinen. Yakowlew (94) hat vor kurzem im kurländischen Devon Riffe entdeckt, die ausschließlich aus Stromatoporiden bestehen. Überhaupt gehören die Stromatoporiden zu den hauptsächlichsten Erbauern der paläozoischen Riffe. Sowohl im belgischen Kohlenkalk, wie im Eifeler Devon und im Silur von Gotland herrschen sie den Tabulaten und Rugosen gegenüber vor. *Millepora* spielt auf den heutigen Riffen eine ganz bedeutende Rolle und Ellipsactinien treten mit zahlreichen Korallen gesteinsbildend auf im oberen Malm der Alpen, Karpathen und Apenninen. Auch in Griechenland und in Tunis sind sie nachgewiesen (38, S. 436). Im mitteleuropäischen Jura waren sie bis jetzt nicht bekannt. Gefunden habe ich die Ellips-

actinien nur in den zuckerkörnigen Kalken, und zwar gesteinsbildend zu Bermaringen, Lonsee und Urspring. Handstücke habe ich auch von Amstetten, Münsingen und Nusplingen. *Sphaeractinia* Steinm. cf. sp. fand ich in den oolithischen Kalken von Stetten a. k. M.

Wie geht nun der zuckerkörnige Kalk aus den Ellipsactinienriffen hervor? Gümbel (28) hat experimentell nachgewiesen, daß die Löslichkeit des Calciumcarbonats in erster Linie vom Aggregatzustand desselben abhängt. Ebenso kommen Cornish und Kendall (95) zum Ergebnis, daß die Struktur hiebei eine Hauptrolle spielt. Die strukturelle Ähnlichkeit der Ellipsactinien und Steinkorallen ist nun aber eine außerordentliche. Man kann sich kein besseres Material denken, um die Entstehung strukturloser Massen verständlich erscheinen zu lassen. Die Ausfüllung der Skelettmaschen müssen wir wohl als einen rein chemischen Vorgang betrachten. Ebenso werden der Ocker- und Dolomitgehalt der Füllmasse durch die verwesende Polypensubstanz bedingt sein. Aus Eisenlösungen wird ja bekanntlich Eisenhydroxyd durch Eiweißstoffe rasch und reichlich ausgeschieden. Dasselbe findet mit Magnesium statt, nur in sehr viel geringerem Maße (78). Die Zerstörung des Skeletts mag damit Hand in Hand gegangen sein. In manchen, äußerst fein lamellösen Teilen der Ellipsactinien verschwindet das Skelett ganz allmählich zwischen der ockerigen Füllmasse. Es muß hier eine Art Aufzehrung des Sklerenchyms durch den Ockerkalk bei dessen Entstehung stattgefunden haben. Hierzu kommt noch die Wirkung der atmosphärischen Sickerwasser. Auch unsere Hydrozoen werden gleich wie die Korallen das Wasser in ganz besonderer Weise ansaugen. Die mächtigen Riffkomplexe erscheinen mit ihren tausend, von Bolusletten erfüllten Höhlen, Rissen und Spältchen, dem umgebenden dichten Gestein gegenüber wie ein Wasserreservoir. Bei der Feinheit des Skeletts wirkt eine geringe Umkristallisation schon sehr zerstörend. Nur die kräftigeren oder miteinander verschmolzenen Lamellen persistieren. Sie sind es, die an der Oberfläche des verwitternden Gesteins in parallelen Calcitzügen oder groben Maschen noch Zeugnis von seiner Entstehung geben. Im Unterschied von den Spongien überzieht die Hydrozoenstruktur ganze Felsblöcke mit horizontal wellig verlaufenden, zusammenhängenden Lamellen. Die zu dieser Zeit häufigen Platychonien bilden viel dickere Blattzüge, die sich hakenförmig krümmen und voneinander getrennt sind. Deutliche Hydrozoenstruktur wird man nur da erwarten können,

wo die Kalke durch Steinbruchbetrieb aufgeschlossen sind. Sehr häufig ist überhaupt jede organische Struktur verloren gegangen und an solchen völlig homogenen Massen läßt sich ja nicht viel beweisen. Aber hervorgehoben sei, daß ich das Entstehen solchen Kalkes in typischer Ausbildung aus Hydrozoenriffen nachweisen kann. Etwas feiner kristalline Massen, die leicht gebankt sind und ähnlich aussehen, lassen an der angewitterten Oberfläche ihre detritogene Natur leicht erkennen. Sie enthalten zahlreiche gröbere Calcitteile eingesprengt, die vielleicht von Krebsen und Raubfischen durch Zerstörung der Hydrozoenskelette erzeugt wurden. Schwämme sind nicht selten, sie finden sich aber meist in einem unreineren, weniger kristallinen Ockerkalk und sind immer deutlich zu erkennen.

Diese Ockerkalke nehmen vornehmlich die tieferen Teile ein. Ihre Entstehung wird wahrscheinlich auch mit der Zersetzung organischer Substanz in Zusammenhang stehen. Neben diesen Ausbildungen findet sich noch zuckerkörniger Kalk, der aus lauter einzelnen, ziemlich ansehnlichen Brocken zusammengebacken erscheint (Nusplingen).

Die Hydrozoenriffnatur des zuckerkörnigen Kalkes läßt uns nicht nur seinen jetzigen Zustand verständlich erscheinen, sie erklärt uns auch das Nebeneinandervorkommen einer Zuckerkornfazies und einer dichten Schwammfazies. Sie erlaubt uns, dem Dolomitproblem näher zu treten und als Skelett der Epsilonmassen bedingt sie deren Riffnatur.

Von Interesse ist es nun noch, etwas über die Entstehung der Löcher und den füllenden Bolusletten zu erfahren. Ein Teil der Hohlräume findet sich im Kalk völlig abgeschlossen und leer. Hier möchte man an ursprüngliche Rifflücken denken. Joh. Walther (87) hat die Entstehung solcher in anschaulicher Weise geschildert. Nicht selten findet sich darin ein fester, harter, gelb bis roter Ockerkalk, der unter dem Schlag des Hammers zu Scherben zerbricht; eine jurasische Entstehung wird ihm wohl nicht abgesprochen werden können. Ein anderer Teil der Höhlen jedoch entsteht durch Auslaugung dolomitischer Nester im reineren Kalk. Es findet so im Gestein eine lokale Bildung von Dolomitsand statt. Werden solche Stellen nach außen geöffnet, so wird der Sand durch Wind und Regen ausgefegt. Die Exposition an den Atmosphärilien und die Ausfüllung mit Bolusletten wird dann weiterhin eine Vergrößerung der so entstandenen Vertiefungen zur Folge haben. In anscheinend ab-

geschlossenen Hohlräumen finden sich manchmal gelbliche und grünliche Letten, so bei Herrlingen in dem unter den mächtigen Felsenkalken steckenden Zuckerkorn. Ob diese Füllmassen eine jurasische Bildung sind oder ob sie auf feinen Spalten kolloidal infiltriert wurden, wage ich nicht zu entscheiden.

Die Entstehung der Bolusletten nun ist keineswegs unstrittig. Joh. Walther (90) erklärt sie für tropische Verwitterungsprodukte vulkanischer Aschen, Rollier für Rückstände der Jurakalke (Naturf. Ges. Zürich. 50. 1905, S. 150). Bis vor kurzem war diese Frage schwer zu entscheiden. Kispatic (40) und Tućan (80) haben aber jetzt gefunden, daß die aus Kalken und Dolomiten hervorgehende „Terra rossa" identisch ist mit „Bauxitit" (10). Letzterer besteht in der Hauptsache aus „Bauxit", einem Tonerdegel mit unsicherem Wassergehalt. Der aus den eruptiven Silikatgesteinen hervorgehende Laterit aber setzt sich großenteils aus kristallinem Hydrargyllit zusammen. Es wird kaum zweifelhaft sein, daß die Terra rossa unserer Alb sich mit den von Tućan untersuchten decken wird. Ich habe meine diesbezüglichen Untersuchungen unterbrochen, da diese Frage als Preisaufgabe der Stuttgarter Technischen Hochschule bearbeitet werden soll.

2. Der Dolomit.

Der Dolomit ist von weißlich-grauer Farbe. Die ursprünglich dichten, kompakten Dolomite sind ungemein zäh und widerstandsfähig, die durch Auslaugung aus dolomitischem Kalk entstandenen zerfallen unter dem Druck der Finger zu körnigem Sand. Das spezifische Gewicht beträgt nach Schübler (2) in größeren Stücken 2,74—2,77, zerstoßen und als Sand gewogen, steigt es bis 2,82. Auch der dichteste Dolomit ist etwas drusig-porös. Dies erklärt das geringere spezifische Gewicht in größeren Stücken. Der Gehalt an Magnesiumcarbonat wechselt sehr. Fünf Analysen Schübler's ergaben 25—40 %. Eisenoxyd, organische Substanzen sind nur in verschwindendem Maße vorhanden, der Tongehalt beträgt 0,2—0,5 %. Ich füge noch zwei der Analysen von Leube (44) an:

	Dolomit von Gerhausen	Dolomit von Almendingen
Kohlensaurer Kalk	57,392	56,240
Kohlensaures Magnesium .	42,000	43,260
Kohlensaures Eisenoxydul .	0,100	0,160
Ton	0,300	0,180
	99,792	99,840

Der Dolomit erscheint in kompakten, plumpen Massen. Er hat eine besondere Vorliebe schuppig zu zerfallen. Öfters ist er nicht rein, sondern von zahlreichen, dichten, calcitischen Partien durchzogen. Beim Übergang zum Hydrozoenkalk wird er wie dieser stark kavernös. Der Dolomit tritt nicht in Schichten oder zusammenhängenden Massen auf, sondern steckt nesterweise, völlig abgeschlossen mitten im Kalksediment. Irgendwelche Abhängigkeit von Spalten oder von der Oberfläche kann nicht wahrgenommen werden. Von großer Bedeutung ist die gesetzmäßige Verknüpfung mit den Hydrozoenkalken. Er ist entweder isoliert in diesen eingeschlossen oder erscheint in ihrem Liegenden (Fig. 7 S. 32). Ersteres Verhalten zeigen sehr schön die Aufschlüsse an der Steige Blaubeuren—Sonderbuch, letzteres die Massenkalkbrüche von Amstetten—Neuhaus, Urspring, Lonsee, Herrlingen, Ehrenstein usw. Es scheint aber ganz allgemein so zu sein. 1856 schreibt Achenbach (1, S. 410): „Der kristallinisch körnige Kalk konstituiert die untere Region der Massenkalke. Es scheint fast, als ob der Dolomit an den kristallinischen Kalkstein gebunden sei und durch ihn ersetzt werden könnte.“ Ebenso Quenstedt (65) in Blatt Urach: „Reihenfolge gewöhnlich: grauer Dolomit, Zuckerkorn, homogener Marmor; es ist nicht möglich, Dolomit und Zuckerkorn scharf zu trennen.“ Derselbe in Blatt Saulgau (66): „Die niederen Stellen sind durchweg dolomitisch. Am ganzen Nordrand des Blattes bleiben die Verhältnisse sich wesentlich gleich. Geht man z. B. von Steinhilben nach den Bergen mit dem Signal, so haben wir unten Dolomit, oben Zuckerkorn.“ Und in Blatt Tuttlingen (67): „Epsilonmarmor unten dolomitisch, unmittelbar daneben und darüber können dann andere reinere Kalkgesteine kommen, wie namentlich Zuckerkorn.“ Ganz allgemein heißt es in den „Ammoniten“ (68, S. 1086): „Die grauen Dolomite lieben vorzugsweise die tiefste Lage, sie gehen dann durch löcherige, zuckerkörnige Klötze in den zu oberst gelegenen Marmor über.“ Auch O. Fraas (21) schreibt: „Der Dolomit ist in der Regel in der Tiefe des Epsilon, zuckerkörniger Kalk bildet die Mitte, während der Marmor nach oben strebt“ (S. 137).

Das Prinzip der Dolomitbildung lautet nach G. Linck (45, S. 133): „Der Dolomit bildet sich bei Gegenwart von Calciumcarbonat in der Lösung oder bei Gegenwart von labilen Modifikationen desselben im Bodenkörper, als Produkt eines Gleichgewichts zwischen Magnesiumcarbonat in der Lösung und im Bodenkörper unter gleichzeitiger Aufzehrung des vorhandenen Calciumcarbonats.“ „Jenes

Gleichgewicht ist abhängig von Temperatur und Druck, sowie von den Lösungsgenossen. Es stellt sich umso leichter und schneller ein, je labiler, je leichter löslich die Modifikation des Calciumcarbonats ist, je mehr Kohlensäure vorhanden und je höher Temperatur und Druck ist.“ Es ist nun unsere Aufgabe, die hier geltenden Gleichgewichtsbedingungen ausfindig zu machen.

Dolomit kann sich bilden (l. c.):

1. Auf diagenetischem Wege,
2. minerogen durch direkte Ausfällung,
3. als Teil organischer Hartteile,
4. als Auslaugungsprodukt,
5. auf pneumatolytischem Wege.

Was den zuletzt genannten Punkt betrifft, so ist die Unmöglichkeit einer solchen Entstehungsweise unserer jurasischen Gesteine von Gümbel (27) schon betont worden. Das Fehlen von Zuführungskanälen und die Art des Auftretens verbieten die Annahme eines allgemeineren pneumatolytischen Ursprungs.

Auch für eine organogene Entstehung sind keine Grundlagen vorhanden. Gewisse Kalkalgen enthalten wohl in leicht löslicher Form bis zu 17 % Magnesiumcarbonat. Allein wir haben in diesen Regionen Kalkalgen nicht in der erforderlichen Menge.

Daß für die Bildung echten Dolomits die Wegführung von Kalk aus dolomitischen Kalken eine große Rolle spielt, ist gewiß. Alle Dolomitsande und sandigen Dolomite unserer Alb sind so entstanden. Aber daneben haben wir doch auch große Massen typischen Dolomits, die kompakt, weder kavernös noch sandig, völlig satt inmitten des Kalkes stecken. Hier versagt die Auslaugungstheorie. Man vergleiche die diesbezüglichen Aufführungen in Pfaff's Allgemeiner Geologie (55, S. 89).

Für diesen schwäbischen Dolomit muß eine ursprüngliche Bildung aus den Magnesiumsalzen des Jurameeres angenommen werden. Es fragt sich nur, müssen wir diese als direkte Ausfällung aus Calcium-Magnesiumlösung auffassen, oder als diagenetischen Vorgang unter Aufzehrung zuvor abgesetzten Kalkes. Daß manche Ockerdolomite und dolomitischen Kalke nach der ersten Art entstanden sein können, wird später gezeigt werden, für die große Masse des hochprozentigen Dolomits ist dies nicht annehmbar.

Manche der unter den Hydrozoenkalken liegenden kompakten Dolomite sind überaus reichlich von Spongien durchzogen. Und es ist merkwürdig, daß diese selbst von reinem dichtem Kalkschlamm

erfüllt sind, während das umgebende Medium reichlich Dolomit enthält. Solche Kalkschlammrelikte finden sich aber nicht nur in den Schwämmen. Mitten im Dolomit treffen wir überall Nester unveränderten Kalkes. U. d. M. löst sich das Gestein in zahlreiche Gruppen von Dolomitkristallen auf, die durch schmälere Kristallbänder untereinander zusammenhängen (Taf. II, 2). Nicht selten zeigt sich ein zonarer Aufbau (Taf. II, 3). In einem Stück von der Weißensteiner Steige ließ sich das allmähliche Emportauchen der Kristalle aus der Grundmasse beobachten. Die feinkörnige Masse wird durch hellere Partien versteckt oolithisch geteilt, diese entwickeln sich zu kleinen Kristalleistchen, welche zu

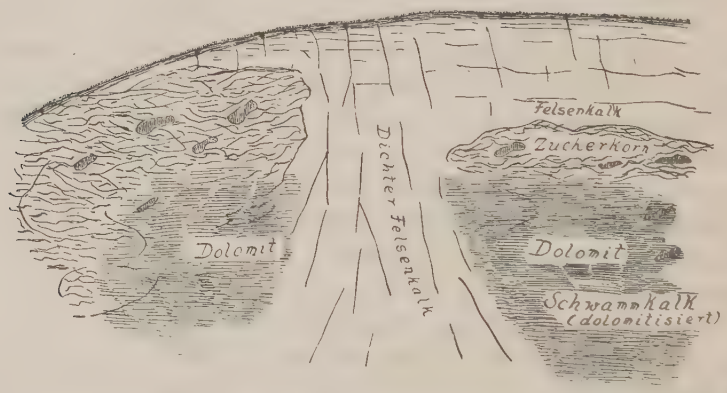


Fig. 7. Gegenseitiges Verhalten von Hydrozoenzuckerkorn, Dolomit und dichtem Felsenkalk im Dolomitbruch Urspring.

Rhomboederumrissen zusammentretend die zwischenliegende dichte Kalkmasse umschließen. Vorhandene Bryozoenskelette u. dergl. sind von den Rhomboedern quer durchwachsen.

Nach unten zu nimmt der Dolomitgehalt ab. Der Übergang zum Kalk ist ein allmählicher. Pfaff sen. (56, S. 571) hat ähnliche Beobachtungen im Frankenjura gemacht und betont, daß eine Umwandlung des vorhandenen Sedimentes durch Aufnahme eines neuen Bestandteiles stattgefunden habe. Ich teile diese Ansicht. Pfaff findet, daß die Dolomitisierung von oben nach unten erfolgt sein müsse. Prüfen wir daraufhin unsern Dolomit. Es wurde im früheren gezeigt, daß sein Hangendes von Hydrozoenkalk gebildet wird. Der Gedanke eines ursächlichen Zusammenhangs beider drängt sich da ganz von selbst auf. Im Dolomitbruch Urspring ist er tatsächlich

zu erkennen (Fig. 7). Dort sind rechts und links Hydrozoenriffe, die durch senkrecht zerklüfteten dichten Felsenkalk voneinander getrennt sind. Der Dolomit ist auf den Raum unter und zwischen den Riffen beschränkt. Der Felsenkalk dicht daneben ist frei davon. Die Art und Weise, wie etwas derartiges entstehen kann, ist von Rothpletz (72, S. 53) an den Korallenriffen des Roten Meeres untersucht worden. Er fand dort die Hohlräume der nichtdolomitisierten Riffe unter anderem erfüllt von Magnesiumsalzen. „Die rasch verwesenden Organismen, die in großer Menge in den Riffen vorhanden sind, bilden unter dem Einfluß des in ihnen stagnierenden Meerwassers Chloride und Sulfate, in denen Magnesium gebunden ist." Im eigentlichen Dolomit waren diese Hohlräume leer, und Rothpletz sieht in der Auslaugung der erwähnten Salze die Quelle des Magnesiums im Dolomit. Man könnte sich vorstellen, daß in ähnlicher Weise, aus den Hydrozoenriffen hervorgehende Magnesiumlösungen in den unteren Teilen derselben stagnierend, diese dolomitisierten. Da hätten wir die Quellen der alten Geognosten.

Nun sind aber nicht nur die unteren Teile und die Schwammbasis der Riffe dolomitisiert, sondern auch in den höheren Lagen erscheinen Nester davon, dabei lassen weniger dolomitische Teile die Hydrozoenstruktur deutlich erkennen. Man kann das Hervorgehen von Dolomit aus dem Hydrozoenkalk verfolgen. Soviel ich an Dünnschliffen beobachtete, erscheint der Dolomit zuerst in der Füllmasse zwischen dem Skelett. Etwas derartiges wäre nach Philippi (59) als chemische Ausfällung zu betrachten. Für die Dolomitisierung selbst ist wichtig, daß die Ellipsactinien höchst wahrscheinlich einst aragonitisch waren. Ihre rezenten Verwandten *Millepora* und *Stylaster* wenigstens sind es (50). Nach den Versuchen von C. Klement (8) würde dies die Dolomitisierung wesentlich erleichtern. Krech (54, S. 283) hat im Muschelkalk bei Jena gefunden, daß vielfach nur die ursprünglich aragonitischen Fossilreste dolomitisiert sind und Skeats (51) berichtet ebenfalls, daß aragonitische Reste anscheinend leichter Magnesium aufnehmen als die calcitischen. Die Gleichgewichtsbedingungen für den Juradolomit würden also verschiedener Art sein:

1. eine labile Modifikation des Calciumcarbonats (Aragonit).
2. durch Verwesungsprozesse der Rifforganismen erzeugtes kohlensaures Ammon,
3. konzentriertere Magnesiumlösungen als Auslaugungsprodukte der Riffsalze (?).

Zu diesen gesellt sich die erhöhte Temperatur der Korallenriffregionen. Eine stärkere Konzentration des Meerwassers erscheint zweifelhaft, da für die Dolomite der rezenten Riffe eine solche Annahme nicht gemacht wird (51, S. 122).

Von Bedeutung wäre es, etwas über das Verhältnis von minerogenem und diagenetisch entstandenem Dolomit zu wissen. H. Fischer (16) hat versucht, dieser Frage experimentell näher zu kommen. Er ließ tierische Faulflüssigkeit auf Meerwasser einwirken und erhielt dabei sehr rasch einen Bodenkörper mit 94,45 % Calciumcarbonat und 5,55 % Magnesiumcarbonat. Auch unter Anwendung der extremsten Verhältnisse von Konzentration und Temperatur ging nur wenig mehr Magnesium in den Bodenkörper hinein. Er zieht daraus den Schluß, daß die Bildung dolomitischer Mergel auf diese Weise vor sich gehen mag, daß aber die Entstehung der eigentlichen Dolomite als diagenetischer Vorgang zu betrachten sei. Es wird dann auf die Versuche von C. Klement verwiesen.

Der Dolomit findet sich nicht nur in den von Quenstedt als Epsilon bezeichneten Sedimenten, er geht nach Delta, selbst nach Gamma hinab (Heersberg bei Lautlingen). Seine Verbreitung ist durchaus keine geringe, „in der Nordosthälfte der schwäbischen Alb kommt er überall und zwar in den größten Massen vor. In der südwestlichen viel seltener und in unbedeutenden Partien“ (62, S. 447).

Dolomit in Gesellschaft von Zuckerkorn wird noch erwähnt. aus dem Kanton Aargau, Höhgau und Schienerberg (75) sowie aus den Umgebungen von Möhringen und Meßkirch (82). Die größte Verbreitung hat der Dolomit aber bekanntlich im Frankenjura. R. Hermann (35) hat den letzteren untersucht, konnte aber keine bestimmten Anhaltspunkte für irgendwelche Deutung gewinnen. doch nimmt er nicht die Gümbel'sche Theorie einer unmittelbaren Fällung in abgeschlossenen Meeresbuchten an, sondern verweist auf die von Johannes Walther (88) vertretene Ansicht einer Entstehung im Zusammenhang mit organischer Riffbildung. Als günstig für eine solche Annahme bezeichnet er das unregelmäßige Fallen und Streichen der Schichten und Bänke des Dolomits, sowie den Wechsel von massigen und geschichteten Partien. Auffällig ist ihm nur, daß noch keine Korallen dort gefunden wurden.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die ladinischen Dolomitbildungen der Alpen. Nach Mojsisovics (52, S. 110) ist dort die Verbreitung echter Dolomite eine verhältnismäßig beschränkte. In

derselben Weise wie bei uns geht er ganz allmählich in den Kalk über und sein Vorkommen ist ein außerordentlich unbeständiges und unregelmäßiges. Salomon (74, S. 407) konnte keine Abhängigkeiten von Spalten beobachten und H. Philipp (57, S. 20) beschreibt das vorzugsweis nestartige Auftreten des Dolomit. Doelter und Hörnes (56, S. 572) kommen zu dem Resultat, daß der größte Teil des an Magnesia mehr oder weniger reichen Dolomits aus den kalkigen Sekretionen der Meeresorganismen durch die Einwirkung der im Meerwasser enthaltenen Magnesiumsalze während oder kurz nach der Ablagerung gebildet wurde. Man könnte die Frage aufwerfen, ob nicht auch die triadischen Dolomite an bestimmte organische Riffbildungen innerhalb des Kalkalgensediments gebunden sind? Für unseren schwäbischen Dolomit wenigstens scheint es mir von Wichtigkeit zu sein, noch einmal darauf hinzuweisen, daß er mit dem den großen Teil ausmachenden Trümmersediment der dichten Felsenkalke nichts zu schaffen hat, daß er vielmehr mit den organisch-chemischen Riffbildungen der Hydrozoen zusammengehört.

In der Jetztzeit ist der hochprozentige Dolomit an Korallenriffe geknüpft. Dana fand auf Matea einen solchen von 38 % Magnesiumcarbonat, Walther auf den Riffen des Roten Meeres 40 %igen (87, S. 708). Skeats (51) hat von 14 Koralleninseln die Gesteine untersucht und gefunden, daß bis zu 43 % Magnesiumcarbonat darin enthalten ist. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß der Kalkstein nachträglich Magnesium aufgenommen haben muß. Endlich wurde in der Tiefe des Atolls Funafuti kompakter 40 %iger Dolomit erbohrt. Auch für dieses Vorkommen nimmt Judd (51) eine Zufuhr von Magnesium von außen her in Anspruch, wobei sich unter Lösung des ursprünglichen Carbonats Dolomit absetzte. Sowohl Judd als auch Skeats ist der Ansicht, daß dieser Vorgang nahe an der Meeresoberfläche erfolgte.

3. Der Marmor.

Der Marmorkalk ist ein dichtes homogenes Gestein. Mit bloßem Auge ist kein Kristallkorn zu erkennen. Die Farbe ist rein weiß, licht rötlichbraun oder gräulich. Der Bruch ist im allgemeinen muschelig und glatt. Nach Leube (44) enthält das Gestein nur geringe Mengen von Ton. Ein gelblichgraues vom Michelsberg bei Ulm enthielt 2,6 %, ein bläulichgraues 2,08 % Ton, selbst in den grauesten überschreitet der Tongehalt 5 % nicht.

Rein weißer Felsenkalk vom genannten Ort hat bei einem spezifischen Gewicht von 2,631 folgende chemische Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk	99,36
Kohlensaures Magnesium	0,21
Kohlensaures Eisenoxydul . . .	0,13
Ton	0,30
	100.00 (Leube).

Die Benennung wird von einer häufigen „Marmorierung“ durch schwarze Mangan- und braune Eisendendriten hergeleitet. Um der Begriffsverwirrung ein Ende zu machen, möchte ich den irreführenden Ausdruck „Marmor“ durch „dichten Felsenkalk“ ersetzen. Damit ist zugleich der Gegensatz zum kristallinen Zuckerkorn ausgedrückt.

Ein gutes Erkennungszeichen des Gesteins ist seine ausgezeichnete senkrechte Klüftung, die nach oben und unten allerdings einem lagerförmigen Aufbau Platz macht. Diese Klüftung ist die Ursache der scharf umrissenen Verwitterungsformen des Felsenkalkes. Im Gegensatz dazu ist diejenige von Zuckerkorn und Dolomit weich gerundet. Über die Verbandsverhältnisse der drei Gesteine wurde früher schon einiges mitgeteilt. Ich verweise noch auf die Abbildungen.

Verbreitet ist der dichte Felsenkalk überall dort, wo sich auch zuckerkörniger Kalk findet. Am schönsten wohl auf der schwäbischen Alb, dann hinunter bis Schaffhausen, weiterhin im Kanton Aargau und Solothurn. Auf der anderen Seite findet er sich als „plumper Felsenkalk“ im Frankenjura.

Die dichten Kalkmassen lassen sich unterscheiden in solche, die völlig homogen erscheinen, und solche, die deutlich aus gröberen Bestandteilen zusammengesetzt sind. U. d. M. zeigen aber erstere nicht eine gleichförmige Masse, sondern die Kalkpartikelchen sind häufig zu kleinen Knäueln zusammengeballt. Diese Kalke scheinen übereinzustimmen mit jungen Riffkalken, wie sie Voeltzkow (81) von Aldabra beschreibt. Auch sie bestehen u. d. M. aus feinsten Kalkkörperchen, die großenteils nestartig beieinanderliegen. Es sind schneeweiße ungeschichtete Massen, völlig dicht und homogen. Entsprechend unseren Jurakalken, finden sich Fossilien darin sehr selten, aber in guter Erhaltung. Letzteres, sowie die Feinkörnigkeit des Gesteins schließen die Annahme völlig aus, daß wir hier umkristallisierte, unkenntlich gewordene Korallenriffkalke vor uns hätten. Durch Umwandlung von Korallenkalk entsteht ein grob-

körniges durchaus anderes Gestein. Voeltzkow zerrieb nun das feste Kalkschlammgestein von Aldabra in destilliertem Wasser und erhielt so eine milchige Flüssigkeit. U. d. M. erwies sich die Färbung hervorgerufen durch eine Unzahl im Wasser suspendierter feinster Körperchen von 0,0005 bis 0,001 mm Durchmesser. Ihre Gestalt war rundlich, dick, tellerförmig. Jedes Körperchen bewegte sich in eigentümlich tanzender Weise, dabei immerfort unregelmäßige Zickzacklinien beschreibend. Es ist die Brown'sche Molekularbewegung. Durch Auflösen des kohlensauren Kalkes in Salzsäure und Glühen erhielt Voeltzkow einen organischen Rückstand. Um über diesen Aufschluß zu erlangen, brachte er eine Anzahl der Körnchen nach Zusatz von verdünnter Essigsäure unter das Mikroskop. Es war nun deutlich zu sehen, wie jene Körperchen sich allmählich lösten und etwas kleinere Körper an ihrer Stelle zurückließen. Mit Methylviolett erfolgte eine intensive Blaufärbung dieser Substanz. Daß der organische Rest tatsächlich von den Kalkmänteln umschlossen war, geht auch daraus hervor, daß es vor Lösung des Kalkmantels nicht gelang, diese kleinen Körper zu färben. Beim Studium von Coccolithen fand nun Voeltzkow, daß zahlreiche Coccosphären 30 bis 50 Coccolithen tragen; letztere Embryonalcoccolithen stellen beim Zerfall der Coccosphären und dem Beginn ihres selbständigen Lebens nichts dar als ausgehöhlte, urglasförmige, kleine, ovale oder runde Schälchen. Voeltzkow hält nun jene kleine Organismen, welche den Riffkalk von Aldabra zusammensetzen, gleichfalls für Coccolithen. Er glaubt, es hier hauptsächlich mit Embryonalcoccolithen und kleinsten Coccolithen zu tun zu haben. Das Fehlen größerer, wohl ausgebildeter Formen erklärt er mit der Tatsache, daß es durch Druck gelingt, die größeren Coccolithen unserer Tiefseeproben zum Verfall in ihre Embryonalcoccolithen zu bringen. Er glaubt, daß bei der Fossilisation ein ähnlicher Vorgang stattfindet, und daß infolge der beginnenden Kristallisation die großen Coccolithen zerfallen und umgewandelt werden.

Die Coccolithen gehören mit zu den wichtigsten gesteinsbildenden Organismen. Sie sind in außerordentlich großer Anzahl in den Tiefseegrundproben enthalten. Nach Gümbel (26) kehren sie in jeden lockeren Kalken und erweichbaren Mergeln von marinem Ursprung wieder. Er fand sie im Ulmer Zementmergel (27) und in den weicheren Lagen des Mörnsheimer Kalkschiefers. Gümbel schließt daraus, daß auch die festen Jurakalke wesentlich durch

Coccolithen gebildet seien, daß ihre Form aber durch Umkristallisation zerstört wurde.

Die Riffbildungen der alpinen Trias zeigen ein Gestein, das mit unseren homogenen dichten Massenkalken beinahe identisch ist (Esinokalk, Wettersteinkalk). Dieses wurde von Salomon (74, S. 425) bereits mit den Riffkalken Voeltzkow's in Parallele gesetzt. So ist es denn nicht unwahrscheinlich, daß die völlig homogenen Teile unserer Felsenkalke ebenfalls großenteils durch planktonische Coccolithophoriden, also kalkabscheidenden Algen gebildet wurden. Einen exakten Beweis zu liefern, daß sie wirklich gesteinsbildend darin vorhanden waren, dürfte aber schwer sein. Gümbel (l. c.) hat coccolithenreichen Tiefseeschlamm und Schreibkreide gehärtet und Dünnschliffe hergestellt. Es zeigte sich dabei, daß „die unendliche Menge feinster Körnchen und Ringe sich so vielfach durch Übereinanderlagern decken, daß es als ein äußerst seltener Fall bezeichnet werden muß, an den dünnsten Rändern einen Coccolithen deutlich zu sehen". Rechnet man hiezu die Wirkung einer, wenn auch nur geringen Umkristallisation und des Gebirgsdrucks, so ist klar, daß man für das Verständnis dieser Gesteine hauptsächlich auf den Vergleich mit rezenten Bildungen angewiesen ist.

O. Krümmel (42, S. 170) zählt die Kalkschlicke zu seinen hemipelagischen Ablagerungen. „Der Kalkschlick ist ein Sediment tropisch-subtropischer Mittelmeerbecken, aber auch der tieferen Gehänge und ozeanischen Nachbarfluren um Koralleninseln." Dem Challenger Report (Deep Sea Deposits, S. 244) zufolge lagert als Übergangszone zwischen dem Muschelsand der Riffe und dem tieferen Globigerinenschlick ein feiner Kalkschlamm, der die Abhänge der Riffböschungen überzieht. Voeltzkow hat gefunden, daß ähnliche Sedimente wie die dichten Riffkalke von Aldabra einen großen Teil der gehobenen Riffe des Indischen Ozeans zusammensetzen, und daß die Grundlage der lebenden Korallenbauten ebenfalls von ihnen gebildet wird (43, S. 33).

Der Kalkschlammfels ist in schneeweißer Farbe besonders schön aufgeschlossen in der Gegend von Ehrenstein, Klingenstein, Herrlingen, Blaubeuren. Schwämme sind hier stellenweise reichlich vorhanden. Das mehr gelbliche Gestein von Bolheim enthält neben Spongiennadeln auch Foraminiferen. Ganz merkwürdig sind die im dichten Kalke nirgends fehlenden Kalkkrusten; l. c. S. 547 erwähnt Th. Schmierer eigentümliche Organismen, deren sichere Bestimmung noch nicht gelungen sei.

Das Auftreten der Kalkkrusten ist ein individuelles. Bald hier, bald dort liegen sie ohne jeden Zusammenhang, in wechselnder Häufigkeit im ungeschichteten Felsenkalk. Nicht selten wählen sie einen Schwamm oder sonstigen Organismus als Ausgangspunkt für ihr Wachstum. Meist beginnt es frei. Aus der gleichmäßig struierten Grundmasse steigen schmälere und breitere Säulen nebeneinander senkrecht nach oben; sie sind aufgebaut aus unregelmäßigen, annähernd konzentrischen Lamellen, zwischen denen eine zelligdendritische Struktur herrscht. Die Säule endigt als Paraboloid. Die Zwischenräume dieser Pfeiler sind mit einer dichteren, weniger strukturell differenzierten Calcitmasse erfüllt. Nach oben wird auch sie deutlich lamellös und ihre Kalkblätter übersteigen leicht gebogen die Enden der Pfeiler, um sich darüber in parallelen Lagen auszubreiten. Häufig beginnt das Wachstum aus einer wenig differenzierten Wurzel direkt nach beiden Seiten mit konvex nach oben geschwungenen und wieder herabfallenden Lamellen. Diese Palme wird dann überlagert von horizontal ausgebreiteten Schichten. Letztere Struktur kann auch allein auftreten, ohne vorherige Palme. Manchmal liegen den Pfeilern vergleichbare Gebilde in Ellipsoidgestalt isoliert und deutlich abgegrenzt im dichten, homogenen Kalkfels.

Unter dem Mikroskop (Taf. II, 4) lassen sich zwei Teile unterscheiden. Einmal eine halbklare calcitische Grundmasse mit zahlreichen gröberen, sphäroidischen Körperchen, dann dichte dunkle Partien, wo diese Körperchen feinstkörnig dicht zusammenlagern. Zwischen den halbklaren Massen ziehen sich ganz klare Teile hin; beide werden durch die Sphäroide, eingestreute Knoten, Ooide, Spongienreste und Foraminiferen in unregelmäßige, zwickelbildende, gekrümmte und zerlappte Figuren zerlegt.

Die feinkörnig dichten Partien (Lamellen) erscheinen nicht deutlich abgegrenzt, sondern gehen allmählich aus dem helleren Teil hervor und wieder in denselben zurück. Die Form ist unregelmäßig wolkig, schlierig, von ungleicher Dicke, hier auskeilend, dort wieder anschwellend. Die Abstände sind unregelmäßig. Das horizontalkonvexe Wachstum wird zuweilen höckerig, puddingförmig; die dichten Lagen sind dann nach außen scharf abgegrenzt.

Die Kalkkrusten scheinen sehr schnell erhärtet zu sein. Wenigstens konnten sich auf ihnen alsbald Organismen ansiedeln.

Während die geschilderten Krusten einerseits in eine Reihe zu stellen sind, mit dem rhätischen Landscape Marble (79), den permischen

und triadischen Seesintern und Landschaftskalken (71, S. 106), sowie dem Stromatolith (36) des Buntsandsteins, lassen sie sich andererseits nicht trennen von den Spongiostromiden des belgischen Kohlenkalks (30). Diese werden wiederum von Salomon (74, S. 421) mit den Evinospongien der ladinischen Stufe verglichen. Am überraschendsten ist die Ähnlichkeit mit den Spongiostromiden Gürich's; unsere Kalkkrusten sind damit identisch. Auch dort haben wir den geschilderten lamellösen Aufbau und „auf dunklem, dichtem Grunde hebt sich ein Netzwerk von halbhellem Kalkspat ab; die halbhellen Fäden kreuzen sich in den zwickelbildenden, mit ganz klarer Kalksubstanz erfüllten, kleineren oder größeren Zwischenräumen zwischen den dunklen Knötchen. Allenthalben findet man Andeutungen von Regelmäßigkeit, aber diese hält nirgends an" (31). Reis (70) betont, daß die permischen Vorkommen ganz ähnliches zeigen, ja, daß diese Strukturart sogar dann auch den Ooiden eigen ist. Während Gürich die klaren vermikulären Partien auf Organismen (Protozoen) zurückführt, ist Reis der Überzeugung, daß alle oben angeführten Dinge auf vorwiegend chemischem Wege entstanden sind. Es handelt sich nun darum, müssen wir die unregelmäßig-vermikulären Teile als organische Bildung ansehen oder nicht?

Wie Reis, habe auch ich gefunden, daß diese Struktur sich ganz allmählich aus dem dichten Kalk heraus entwickelt, daß sie in derselben Weise sich in manchen Pseudooiden findet. Besonders wichtig erscheint mir aber ihr allgemeines Vorkommen in den später zu besprechenden Flaserkalken. Dort erscheinen damit die Zwischenräume zwischen den Kalkalgen und Foraminiferenknollen in ganz anorganischer Weise, in allen Übergängen zum dichten Sediment ausgefüllt. Abgeschwächt wird die Bedeutung dieser Struktur für die Deutung der Kalkkrusten durch den Umstand, daß manche der makroskopisch typischen Stücke u. d. M. deutlich aus einer schlierigen Anhäufung von Detritus und feinen Sphärolithen bestehen (Taf. II, 4). Die Möglichkeit der Entstehung der unregelmäßigen Figuren auf anorganischem Wege wurde schon von Reis betont unter Hinweis auf die Versuche von Leduc, die zellenartige Segmentation in kolloidem Opal und die Wabenstruktur des Wad. Ich kann nach all dem eine notwendig organische Deutung derselben nicht einsehen. Man könnte noch denken, daß Kristallisationsvorgänge nach der Verfestigung des Gesteins durch Sickerwässer ähnliches zustande bringen würden. Ich fand aber Stücke mit der fraglichen Struktur in knolliger konglomeratischer Weise, scharf abgegrenzt mitten in

homogener, dichter, gleichmäßiger Kalkmasse angebettet. Wie sollte aber mitten im ringsum unveränderten Gestein eine derartige Aufhellung lediglich durch sekundäre Einflüsse möglich sein, ohne ersichtliche Zirkulationswege, ohne allmählichen Übergang in die homogene Masse? Ich halte diese Struktur vielmehr für eine ursprünglich im Sediment durch physikalische Kräfte angelegte.

Was die Lamellen betrifft, so haben sie eine so große Ähnlichkeit mit der Fluidalstruktur der Porphyre und bez. der Lagenstruktur der Sinterkalke, daß sie als Argument für organische Entstehung nicht in Betracht kommen. Ich habe übrigens derartig wolkige Bildungen in den Kalken in allgemeinerer Weise gefunden.

Eine eigentümliche Erscheinung in den Kalkkrusten sind die „Sterkome" Gürich's: „Überraschenderweise zeigen gewisse krustenförmige Spongiostromiden mitten im Gewebe eigentümliche Körper von länglichen, stäbchenförmigen, elliptischen bis ovalen Querschnitten. ... Man könnte an ein breccienartiges oder auch konglomeratisches, einfach sedimentäres Gestein mechanischen Ursprungs denken. Dem steht aber die organische Verbindung einzelner Stücke mit dem Spongiostromidengewebe entgegen" (31). Er deutet sie dann als den Fäkalmassen der Rhizopoden vergleichbare „Sterkome" der Spongiostromiden. Reis (70, S. 120) hingegen hält sie für Geschiebe, die von außen in die Krusten hereinsedimentiert wurden. Ich besitze nun „*Spongiostroma ovuliferum* Gür." in einem sehr guten Stück aus den Deltakalken von Hossingen. Die Kruste ist hier ganz durchsetzt mit den „Sterkomen". Sie scheinen deutlich aus den Lamellen hervorzugehen, oder vielmehr diese zusammenzusetzen. Kleinere Stücke mit einseitiger Rundung und deutlicher Bruchfläche scheinen durch Zerstückelung der größeren entstanden zu sein. Die Zerstörung eines großen Teils dieser „Sterkome" ist mir ein Hinweis, daß sie sich auf sekundärer Lagerstätte befinden. Dann aber bauen sie die Krusten selbst viel zu sehr auf, als daß sie als Fäkalmassen ihrer hypothetischen Urheber angesehen werden könnten. Weiter steht ihre Größe in gar keinem Verhältnis zu den „Kanälen", in denen die Protozoen gelebt haben sollen. Ich möchte somit jeden organischen Zusammenhang der „Sterkome" mit den Krusten leugnen. Auffallend erscheint mir aber die regelmäßige, länglich-elliptische Gestalt und der kreisrunde Querschnitt.

Schließlich stützt sich Kalkowsky (36, S. 123) bei seinen Stromatoiden hauptsächlich auf die äußere Gestalt. Er glaubt, daß die merkwürdigen, isoliert vorkommenden Knollen und Kugeln,

die parallel nebeneinander aufsteigenden „Wurzeln“, die Annahme einer anorganischen Entstehung unmöglich machen. Da er in der Struktur selbst kein Merkmal findet, das auf einen bestimmten Organismus hinweisen würde, nimmt er an, es seien Pflanzen gewesen. Dagegen kann nur gesagt werden, daß dies kein zwingender Schluß ist. Anorganische Sinterbildungen lassen eine überraschende Übereinstimmung in der Form erkennen und Reis hat die Möglichkeit einer Entstehung derartiger Gebilde auf kolloidalem Wege recht plausibel gemacht. Ihm zufolge (70) sind die getrennt wachsenden Wurzeln Inkrustationen kleiner Aufschüttungsunregelmäßigkeiten des Bodens, deren Zwischenräume mit Ooidanschwemmung ausgeebnet, und die dann durch Flächeninkrustation einheitlich zusammengefaßt wurden.

Haben wir so keinen Anhaltspunkt für eine organische Natur der Krusten finden können, so müssen wir uns der Reis'schen Theorie einer chemischen Ausfällung in kolloidalem Medium zuwenden. Reis meint, daß „faulende Organismen im freien Raum nicht nur die gleichen Verbindungen liefern, welche auch im Innern der Organismen die Kalkausscheidung ermöglichen, sondern auch jene kolloidalen Lösungszustände schaffen, welche geeignet sind, diese Ausscheidungen nicht nur zu konzentrieren, sondern ihrem Wachstum eine bestimmte, manchen Organismen ähnliche Struktur und Grundgestaltung aufzuprägen“.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang der Versuch Steinmann's mit Eiweiß und Chlorcalciumlösung. Er erhielt dabei nicht nur regelmäßige gebaute „Calcosphärite“, sondern auch Zwillinge und Viellinge, sowie feste Krusten und größere Kugeln.

Daß auch Algen und Mikroorganismen bei der Ausscheidung des Kalkes in Betracht kommen können, sagen sowohl Reis wie Linck. Entscheiden läßt sich dies nur durch Beobachtung des rezenten Vorgangs.

Ob die in rezenten Kalkschlicken sich findenden Steinkrusten (42, S. 170) etwas mit unseren Kalkkrusten zu tun haben, kann ich nicht sagen, da ich solche selbst noch nicht gesehen habe.

Wie dem auch sei, das eine glaube ich als sicher annehmen zu dürfen, daß diese Bildungen nichts enthalten, was als organisch gedeutet werden müßte. Damit ist auch gesagt, daß wir sie als chemische Bildung bezeichnen dürfen, wenn wir die Walther'sche Definition zugrunde legen: „Wir wollen als chemische Ablagerungen solche Absätze

bezeichnen, die aus wässeriger Lösung ohne direkte Vermittlung der Organismenwelt, d. h. nicht innerhalb lebender Gewebe, abgeschieden werden" (87).

Wenig von der Reis'schen Annahme unterscheidet sich die Theorie von Loretz (46). Nur kennt er die Kolloide noch nicht. Er ist der Ansicht, daß alle jene Ooide, Punktooide, die klaren und die dichten vermikulären Partien, die wellig verlaufenden Streifen, überhaupt diese Differenzierungen der ganzen Substanz in einen mikrokristallinen und makrokristallinen Teil in einem noch nicht völlig erstarrten Magma entstanden seien. Er nimmt an, daß die Festwerdung der Masse begann mit der Ausscheidung der mikrokristallinen Teile und daß diese Struktur dann durch Kristallisation der makrokristallinen fixiert wurde. Er erinnert an die Tatsache, daß beim Übergang aus dem halbflüssigen Zustand in den festen, Kräfte wirksam sind, welche die Stellung und Gruppierung der zuerst festwerdenden Teile bestimmen. Es mag schon etwas daran sein, nur nicht in dem von Loretz angenommenen Umfang. Gardner (25) hat die mechanische Entstehung konzentrisch-schaliger Tonkalkkonkretionen durch Zusammenballung feiner Schlammpartikelchen beschrieben.

In Gesellschaft der Kalkkrusten vermißt man selten oolithische Bildungen. Sowohl mit den Landschaftskalken und Seesintern als mit den Stromatoiden, Spongiostromiden und Evinospongien kommen in engem Verbande echte Ooide vor. Mit Reis (70) möchte ich diese Gesetzmäßigkeit besonders betonen. Ich sehe in der tatsächlichen Verquickung beider einen Hinweis auf ähnliche Entstehungsursachen. Für Rogenstein und Stromatolith des Buntsandsteins nimmt dies übrigens auch Kalkowsky an.

Unsere Ooide sind oft erst mikroskopisch sichtbar. Im Gegensatz zu den Trümmern des Schnaitheimer „Oolith" sind sie großenteils schön konzentrisch und radiär gebaut. Fremde Einschlüsse sind nicht immer vorhanden. Zuweilen erscheinen sie als Zwillinge, Viellinge und in Ooidbeuteln. Bemerkenswerterweise fehlen hier die sonst an der Oolithbildung sich beteiligenden Ophthalmidien. Eine Entstehung dieser Ooide durch Rollung auf dem Meeresboden halte ich bei der engen Verbindung mit den sich als ruhigen Absatz dokumentierenden Kalkkrusten für wenig wahrscheinlich. Ich möchte eher eine Ausscheidung in wenig bewegtem Medium annehmen.

Wir kommen nun zu einem anderen Teil der dichten Felsenkalke, dem deutlich aus gröberen Teilen zusammengesetzten „Kalk-

trümmerfels". Er kann von dem feineren Gestein nicht getrennt werden, da er nesterweise in dieses eingelagert ist oder umgekehrt und in allen Übergängen zu demselben vorkommt. Schwämme und Echinodermen sind hier stets vorhanden, spielen aber keine vorwiegende Rolle. An ihrer Seite erscheinen vielmehr Kalkalgen, inkrustierende Ophthalmidien und Bryozoen. Die Kalkalgen sind zylindrische Röhrchen von 0,8—1,5 mm Durchmesser, welche Zahlen aber keineswegs Grenzwerte darstellen. Die Dicke der Wandungen ist verschieden. Sie kann $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ des Durchmessers betragen. Die Zellen sind schlecht erhalten, konnten aber mit Sicherheit festgestellt werden. Sie sind wirtelförmig in regelmäßigen Ringen angeordnet. Bei 0,8 mm Durchmesser kommen 11 Ringe auf 1 mm.

9 8 10

Fig. 8. *Gyroporella Gümbeli* n. sp. mit Ringsystem. Söflingen.

Fig. 9 u. 10. Fanden sich zusammen mit 8. Besitzen denselben Habitus. Ähnliche Gebilde sind in den Felsenkalken und Flaserkalken überhaupt keine Seltenheit. Sie lassen unter dem Mikroskop eine Art Zellstruktur erkennen. Es können deshalb möglicherweise auch Kalkalgen sein.

bei 1,5 mm Durchmesser 6 Ringe auf den Millimeter (Fig. 8). Gümbel (29) hat eine ähnliche Form aus dem Kelheimer Trümmerkalk beschrieben; dieselbe mißt 3.5—4 mm im Durchmesser und die Entfernung der einzelnen Ringabteilungen beträgt 0,5—0,75 mm. Er nennt sie *Gyroporella suprajurensis*. Unsere schwäbische, viel kleinere Form möge *Gyroporella Gümbeli* n. sp. heißen. Die Gyroporellen sind über die ganze Alb verbreitet und erscheinen bei Ebingen ebenso wie bei Ulm und Heidenheim.

Neben den Kalkalgen sind wichtig inkrustierende Foraminiferen. In einem großen Teil der Felsenkalke, besonders aber in den Flaserkalken und „Breccien" sind häufig, beinahe gesteinsbildend, schneeweiße Knöllchen von ganz unregelmäßig putziger Gestalt. Sie sind mit bloßem Auge in dem leicht getönten Fels

zu erkennen. Diese Knöllchen sind u. d. M. gespickt mit eigentümlichen Figuren von wechselnder Gestalt und Größe (Taf. II, 6). Sie konnten mit Sicherheit als Ophthalmidien (Fig. 12—14) erkannt werden. Die Tiere ziehen sich durchaus regellos in den Knöllchen hin, so daß im Dünnschliff alle möglichen Schnitte erscheinen. Deutliche Anfangskammern habe ich nicht erhalten, doch lassen die gekrümmt-kettenartig zusammenhängenden Flaschenformen der übrigen Kammern an der Ophthalmidiennatur keinen Zweifel. Diese

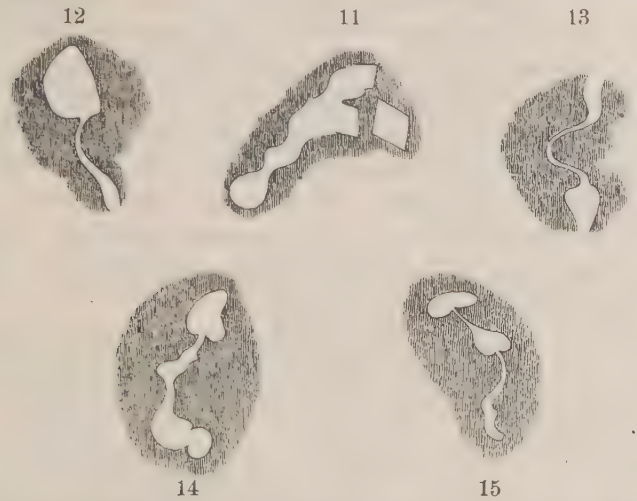


Fig. 11. Dolomitkristalle in Verbindung mit *Ophthalmidium*. Neuhaus.
Fig. 12—15. *Ophthalmidium* sp. in Kalkknöllchen der Kalke von Bolheim. Neuhaus, Neuffen—Grabenstetten, Eybach—Stötten.

Ketten von Kammern sind von sehr verschiedener Größe. Hier einige Dimensionen: 1,16 mm, 1,04 mm, 0,91 mm usw. als größte Ausdehnung. Daß die Ophthalmidien für den Aufbau der Knollen von Bedeutung waren, darf als sicher gelten. Die Knöllchen dokumentieren sich ohne weiteres schon makroskopisch als ganz eigenartige Bildungen. Hätten wir es nur mit angebohrten oder zufällig mit Ophthalmidien verbackenen Sedimentteilchen zu tun, so wäre ihre charakteristische Eigenart unverständlich.

Merkwürdigerweise erscheinen in den unteren Teilen der Felsenkalke bei Amstetten sowie im Bolheimer Kalk innerhalb dieser Knöllchen vereinzelt oder in kleinen Nestern Dolomitkristalle (Fig. 11). Da sie im umgebenden, leichter zugänglichen Sediment beinahe fehlen und gerade diesen besonders dichten Knöllchen zu-

kommen, dürften sie mit diesen gleichzeitig gebildet sein. Vielleicht wurde ihre Ausscheidung in ähnlicher Weise, wie die des Kalkes, von den Foraminiferen veranlaßt.

Dolomitrhomboeder sind aber überhaupt in manchen dichten Felsenkalken keine seltene Erscheinung (Stetten bei Geislingen. Eybach, Steinenkirch, Schnaitheim usw.).

Neben den durch Kalkalgen und Foraminiferen gebildeten Knöllchen finden sich noch solche, die sich einfach als aufgearbeitete Teile des Felsenkalksediments erkennen lassen. Derartige Grusbildungen spielen im ganzen Weißen Jura eine außerordentliche Rolle. E. Fischer (15) hat sich über diese Dinge im unteren Weißen Jura vor kurzem ausgesprochen. Er findet, daß sie in engster Beziehung stehen zu den dortigen Schwammriffbildungen. Er läßt sie durch Aufarbeitung der noch nicht ganz verfestigten alten Erhebungen entstehen. Die Ursachen dafür dürften katastrophale Erscheinungen sein. Strömungen scheinen wegen der geringen Sortierung und Ausschlämmung des Materials nicht so sehr in Betracht zu kommen.

Bryozoen erscheinen hie und da in den Schliffen, manchmal sogar in ganz beträchtlicher Menge. Da sie aber makroskopisch nicht zu erkennen sind, läßt sich über ihre Rolle für den Aufbau der ganzen Masse nicht viel sagen.

Werfen wir nun noch einen Blick auf die rezenten Verhältnisse. Gardiner (49, S. 240) hebt die große Bedeutung der Kalkalgen für die Riffe des Stillen Ozeans hervor, ebenso findet Skeats (74), daß im Vergleich mit Kalkalgen und Foraminiferen Korallen eine untergeordnete Rolle spielen. Und der doch die Darwin'sche Theorie vertretende Langenbeck (43, S. 24) sagt ganz allgemein: Wir wissen jetzt, daß bei der überwiegenden Mehrzahl aller sogenannten Korallenriffe die Korallen selbst hinter anderen kalkabsondernden Organismen, wie namentlich Kalkalgen und Foraminiferen, meist erheblich zurückstehen.

Flaserkalke.

Neben dem senkrecht zerklüfteten reinen Kalk haben wir nach oben und seitwärts ein mehr toniges Gestein von unreiner bräunlichgrauer Farbe. Es ist in welligen Bänken gelagert und häufig durch eine schuppige Flaserstruktur ausgezeichnet. Die Zusammensetzung dieses Sediments ist sehr verschieden. Ich beschreibe kurz einige Lokalitäten.

Bei Bolheim entwickeln sich randlich aus den Felsenkalken die ganze Böschung entlang mergelige Flaserkalke, die nach außen die Bolheimer „Epsilon-Ockermergel“ mit Crinoidenbreccie bilden. Weiterhin, besonders unten in der Tiefe, folgen Zetaplatten. Die Epsilonmergel mit Breccie gehen ganz allmählich in die Platten über. Es ist dies zu sehen im Plattenbruch an der Straße, die an

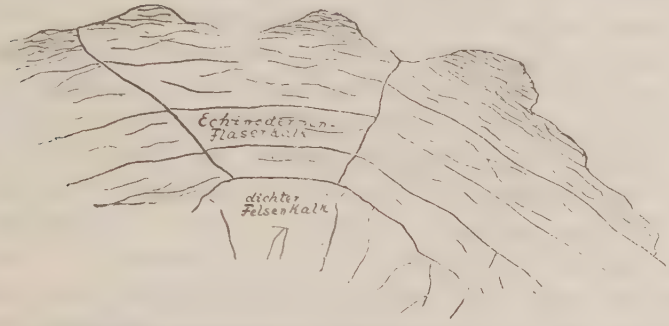


Fig. 16. Echinodermenflaserkalke in geneigter Lagerung über Felsenkalk. Schalkstetten.

Fig. 17. Übergang der „ε-Echinodermenmergel“ in Zetaplatten bei Bolheim. (Schema.)

den Mergelgruben vorüber in die Höhe führt. Noch weiter oben sind im Walde versteckt einige kleinere Aufschlüsse, die eine Überlagerung der Plattenkalke durch Bolheimer Crinoidenmergel zeigen. Während der ganzen Zeit, da sich Zeta hier absetzte, muß auch die Bildung von Crinoidenbreccien mit Ockermergeln stattgefunden haben.

Oberstotzingen. Das lagerhafte, graue Gestein ist nach unten kompakt und dicht. Bei aufmerksamer Betrachtung zeigen sich zahlreiche Gyroporellen und etwa gleichgroße, hellere Schmitzchen:

es sind Ophthalmidienknollen; grünlicher Calcit durchtrümert das Sediment. Es ist in auffallender Weise parallel den Schichtflächen stylolithisch verzahnt; die Sutur ist gekennzeichnet durch feinen braunen und grünen Letten. Nach oben und seitwärts tritt schuppige Flaserstruktur ein. Feiner, deutlicher Kalkschlammgrus erfüllt jetzt das Gestein. U. d. M. erscheinen neben homogenen Partien manche Stellen wie geronnen, d. h. der dichte Kalk ist von regellosen, wurmförmigen, helleren Calcitteilchen durchzogen; dazwischen liegen viele rundliche Knöllchen von jeder Größe. In den flaserigen Teilen sind diese Knöllchen in ein mehr toniges Medium gebettet.

Blautal. Bei Herrlingen und Klingenstein ist in den senkrecht zerklüfteten, schneeweißen Kalkfels der graue Schwammkalk muldenförmig eingelagert. Das flaserig-schuppige, dichte Gestein ist stylolithisch getrennt; es wird hie und da kleinknollig und gleicht dann sehr den pseudooolithischen Quaderkalken Delta. Bei Klingenstein stellen sich dazwischen ungemein zähe und kompakte, rauchgraue und rötliche Dolomite ein. Bei Ehrenstein ist das Sediment zuweilen stark tonig und glatt brechend. Die reiner kalkigen Teile enthalten zahlreiche Gyroporellen und formlose Kalkknöllchen. In manchen derselben finden wir inkrustierende Ophthalmidien, nebst vielen Spongiennadeln eingeschlossen. Ein anderer Teil zeigt jenes schon erwähnte geronnene Aussehen, während wieder ein anderer damit verbunden eine eigentümlich konzentrische Struktur aufweist. In der etwas lichteren, feinen Grundmasse bemerkt man in allen Stadien eine Zerlegung derselben in mikrokristalline und makrokristalline Teile. Verschiedene Foraminiferen, Schwammreste und Molluskenschalen sind darin zerstreut. Im Steinbruch von Söflingen sieht man, wie die Flaserkalke sich aus dem Felsenkalk entwickeln und echte Zetaplatten überlagern.

Schalkstetten. Hier fällt ein plattiger, ziemlich reiner Kalk auf. Er besteht in der Hauptsache aus Echinodermenbruchstücken. Daneben zeigen sich unreinere Lagen mit Ophthalmidien, Gyroporellen und Kalkknöllchen. Auch Korallen finden sich hier. Nach unten stellt sich einerseits ein graugrüner Schwammkalk ein, andererseits dichter, homogener Felsenkalk. Der Übergang ist allmählich. In der Tiefe schließen sich Zetaplatten an die Flaserkalke an.

Sontheim a. d. Br. Große Ähnlichkeit mit den Gesteinen von Ehrenstein und Oberstotzingen hat der „Astrophorenkalk“ von Sontheim. Er ist teilweise wohlgeschichtet in toniger Ausbildung.

Die ruppige Fazies ist flaserig-schuppig mit dunkelgrünen bis braunen Zwischenletten. Stellenweise findet sie sich pseudooolithisch ausgebildet, d. h. ziemlich viele Gyroporellen, dann Schwämme und Kalkknöllchen erfüllen das Gestein. Inmitten der Ablagerung werden letztere größer, wir haben eine den „Breccien“ analoge Bildung.

Die Flaserkalke müssen als Rand- und Grenzfazies der dichten Felsenkalke betrachtet werden, sie vermitteln den Übergang zu den Plattenkalken. Das Söflinger Gestein erregte die besondere Aufmerksamkeit Gümbel's (27, S. 57). Er nimmt es mit Marmor, zuckerkörnigem Kalk und Korallenkalk zusammen und parallelisiert es mit den dickbankigen Plattenkalken (ζ-Prosoponkalken).

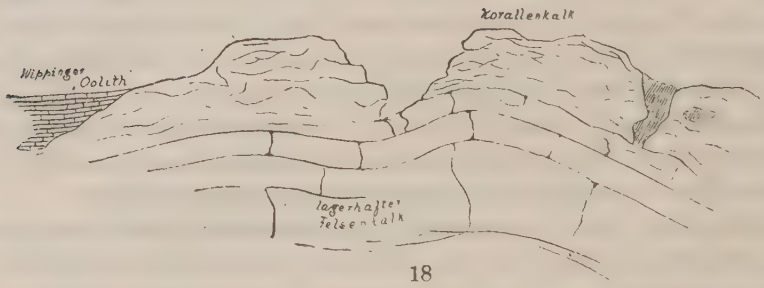
Erwähnt sei, daß in ganz ähnlicher Weise im Lonetal die schuppigen, ockerigen δ-Prosoponschichten als Randfazies der Felsenkalke auftreten.

4. Der Korallenkalk.

Bei Wippingen (Fig. 18—19) sind auf wenig dicken, wellig auf- und niedergehenden Schichten von Kalkschlammsediment, ruppige, etwas flaserige Korallenfelsen aufgewachsen. Gelber Mergel ist überall zwischen dem Kalk verteilt, sowohl ästige als auch massige Korallen nehmen an dem Aufbau teil, feiner Kalkschlamm, identisch mit dem der Unterlage, füllt die Zwischenräume. Seitlich lagert sich der Detritus dieser Korallenkalke in wohlgeschichteten Platten und Bänken als „Wippinger Oolith“ an. Geht man in den größeren Bruch näher beim Dorfe, so erscheint der Korallenkalk zwischen Zetaschichten. Oberhalb Gerhausen liegen die Verhältnisse ähnlich. Im Kontakt mit dem Kalkschlamm sind die Korallen rein kalkig erhalten, oft stark umkristallisiert; stecken sie aber im tonigen Zetaschlamm, so sind sie völlig verkieselt. Ganz anders bei Arneck (Fig. 20); während die besprochenen Korallenlager bankweise von 1—2 m Mächtigkeit auftreten, haben wir hier ein Riff von über 30 m Höhe, das von unten bis oben aus Korallen und ihrem Detritus aufgebaut ist. Auch hier folgen oben Bänke von Korallensand. Die Ruine Neideck steht auf ihnen. Dazwischen finden sich auffallenderweise mächtige Schwammschlammstotzen vom Charakter derer in Delta. Weiter steht im alten Festungssteinbruch über den Korallenkalken homogener dichter Massenkalk an. Korallenlager vom Arnecker Typ haben wir bei Gerstetten, nach Engel (11) auch bei Scharenstetten und Tomerdingen. Ich habe ferner noch zwischen Gerstetten und Zähringen Korallen im homogenen Kalkfels gefunden.

Auf dem Plateau zwischen Oberstotzingen und dem Brenztal ist ein Korallenkalk aufgeschlossen, der reichlich Gyroporellen enthält.

Wenn ich nun die Gemeinsamkeit der Kalkalgen und die petrographische Identität des Kalkschlamms zwischen den Korallen



18

19

Fig. 18 u. 19. Korallenkalk, aufgewachsen auf Felsenkalk. Letzterer ist wellig gelagert.

Fig. 20. Korallenkalk neben Felsenkalk. Arneck.

mit dem der Massenkalke betrachte, ferner die Verquickung von Korallenkalk und Massenkalk bei Arneck, so halte ich dafür, daß der Prozeß der Massenkalkbildung noch nicht abgeschlossen war als die Korallen kamen, sondern daß allmählich mit dem Heraufsteigen der Massenkalkriffe in die Korallenregionen sich früher

und später, hier und dort, solche ansiedelten. Die deutlich aufgewachsenen Korallen rekrutieren sich vorzugsweise aus ästigen Formen (Blaubeuren). Solche wachsen in rezenten Meeren besonders in der der Oberfläche zunächst liegenden Region. Sie werden nach unten abgelöst von den allein riffbildenden Maeandrinen und Astraeen (39, 91). So kann man sich recht wohl vorstellen, daß das Wachstum der massigen Korallen schon in tieferen Regionen (Arneck) beginnen konnte, als das der ästigen (Blaubeuren). Während Engel, O. Fraas, E. Fraas und Joh. Walther die Korallenlager lediglich als die erhaltenen Reste viel größerer umgewandelter Korallenbauten ansehen, steht nun fest, daß sie tatsächlich eine von „Marmor, Zuckerkorn und Dolomit" verschiedene Bildung sind. Eine glatte zeitliche Trennung beider Bildungen glaube ich aber aus den oben angeführten Gründen nicht rechtfertigen zu können. Damit wird auch das Verhältnis der Plattenkalke zum „Epsilon" (Schmierer) wieder ein labiles.

In den Korallenlagern von Zähringen fand ich ziemlich häufig eigentümlich lagenartig aufgebaute Gebilde. Quenstedt bezeichnete sie mit dem Sammelnamen *Chaetetes polyporus*. Beim Studium von Dünnschliffen zeigte sich eine außerordentliche Ähnlichkeit mit den von Rothpletz (73) abgebildeten Solenoporen. Es sind dies Kalkalgen, welche durch die Anordnung ihrer Zellen und die Perforation der Wände stark an *Lithothamnium* erinnern. Der Name *Solenopora* ist von Dybowski 1877 geschaffen worden, der das Genus zunächst bei den Chaetetiden unterbrachte. Nicholsen und Etheridge sprachen dann die Vermutung aus, daß dasselbe in das Pflanzenreich zu verweisen sei. Dies wurde zur Gewißheit bei Alex. Brown 1894. Bis jetzt sind sieben silurische und eine jurasische Art bekannt. Den Tabulaten gegenüber kann als charakteristisch die außergewöhnliche Feinheit der Röhren und der wellige Verlauf der Wände bezeichnet werden.

Solenopora polypora Qu.

Der doppelt faustgroße, knollige Stock ist gekrümmt lagenförmig aufgebaut. Die Dicke der Lagen wechselt, beträgt aber durchschnittlich 2,2 mm. Angewitterte Stücke lassen mit bloßem Auge erkennen, daß sie aus feinen vertikalen Röhrchen zusammengesetzt sind, deren Öffnungen die Oberfläche der Lamellen wie punktiert erscheinen lassen. Die Zellwände sind im Querschnitt polygonal, gewöhnlich sechsseitig, der Zellraum selbst rund. Er

ist von den verdickten Wänden durch eine feine Lamelle getrennt. Die Dicke der Zellen beträgt durchschnittlich 0,15 mm, die Querwände sind eben oder leicht nach oben gewölbt. Sie treten zonenweise auf, immer 4—5 dicht hintereinander, dann fehlen sie wieder eine Strecke usf. Diese Anordnung geht horizontal durch und bedingt den lagenförmigen Aufbau des Stockes. Die Längswände sind perforiert. Sie sind wellig gebogen und etwas dicker als die Querwände.

Nicht ganz frische Stücke zeigen im Dünnschliff parallel dem Lagenbau helle Streifen, die die Zellwände durchsetzen. Sie entstehen, indem klarer Calcit durch die in einer Ebene liegenden Poren hindurchgeht (Rothpletz). Die Vermehrung der Zellen geschieht einmal durch Teilung mittelst Längsleisten, die auf dem Querschnitt als Septen vorspringen, oder aber durch Knospung in den Winkeln der Zellen (Längsschnitt). Zwischen den *Solenopora*-Zellen sind zahlreiche wohlausgebildete Quarzkristalle eingeschlossen. Sie sind ohne Zweifel authigen, innerhalb des Gewebes entstanden, denn sie durchwachsen die Wände. In der Mitte des Kristalls befindet sich meist ein dunkler Kern restierenden Kalkes. Dieselbe Erscheinung ist bereits durch Früh (22) und Kaufmann aus Lithothamnien beschrieben. Ebenfalls zu *Solenopora* sind die von Deninger (9) aus dem Oxford, Tithon und Urgon beschriebenen Monotrypen zu stellen. Bei *Monotrypa sardoa* Den. und *M. pontica* Den. ist die Perforation schön zu sehen. Es wird ein Unterschied gemacht zwischen Formen mit polygonaler Zelle und solchen mit rundem Lumen und begrenzender Lamelle. Ich möchte darauf hinweisen, daß diese Lamelle durch Umkristallisation sehr leicht verschwindet (Taf. II, 7 u. 8). Endlich hat Haug (33) ein neues Genus *Pseudochaetetes* aufgestellt und rechnet dazu die von Quenstedt als *Chaetetes polyporus* abgebildeten Stücke. Letztere sehen nun meiner *Solenopora* sehr ähnlich, allein die Zeichnungen Haug's weichen davon wieder stark ab. Auch gibt er keine Maße an. Vielleicht ist die schlechte Erhaltung oder die Dicke des Schliffes bei Haug Schuld daran.

Die Grenzbreccien.

Die „Grenzbreccien" Th. Schmierer's sind keine eigentlichen Breccien. Ihre Ausbildung ist ganz eigenartig. In ockeriger Grundmasse eingebettet finden sich neben Kalkstücken mit scharf umrissenen Ecken viele phantastisch gelappte Batzen jeder Größe.

So ist es besonders bei der typischen gelbbraunen Pseudobreccie des Dolderbrunnens bei Münsingen, ebenso bei der an der Steige Blaubeuren—Sonderbuch, von Luizhausen, Nattheim usw. Die „Breccien" enthalten neben Schwämmen zahlreiche Ophthalmidienknollen, Kalkalgen und Echinodermen. Im Zetabruch zu Sotzenhausen finden sich fünf solcher Bänke. In der untersten liegen grobe Kalkschlammbatzen mit Gyroporellen in einer stark silifizierten Lumachelle zwischen gelbem Ockerkalk. Große zuckerkörnige Korallen sind oberflächlich verkieselt und innerlich erfüllt mit Drusen von Amethyst und Braunspat. In der zweiten Bank fehlen die großen Brocken, wir haben einen mergeligen, stark verkieselten, organogenen Trümmerkalk von brauner Farbe. Bank 3 ist blauschwarz gefärbt, verkieselt, die Kalkschmitzen sind ebenfalls schwärzlich und etwas größer als vorher. Bank 4 enthält wie 2 einen durch die Bewegung des Meeres feinen zerkleinerten und gleichmäßigen Trümmerkalk. Bank 5 ist Ockerkalk mit schön verkieselten Korallen. Die Bänke sind nicht durchgehends von der beschriebenen Zusammensetzung; sie kann innerhalb derselben rasch wechseln. Die Lagerung der Pseudobreccien ist bezeichnend. Sie schmiegen sich vertikal den Felsenkalken an, um dann in langgestreckten Zungen in Zeta auszukeilen. Dabei sind in der Umgebung der Anlagerungsstelle die Felsenkalke selbst pseudobrecciös, so zwar, daß hier Kalkschlammschlieren in Kalkschlamm liegen (Blaubeuren—Sonderbuch). Das Auskeilen geschieht sehr rasch, wie Th. Schmierer gezeigt hat (76, S. 551). Bemerkenswert ist noch die deutliche Neigung der Breccienlager nach unten. Diese gekröseartigen Batzen und Schlieren verquirlt mit ockerigem Mergel sind nicht erzeugt an einem festen Felsgestade. Das Felsenkalksediment war in plastischem Zustande, als es seiner ursprünglichen Lagerstätte entführt und mit dem Schlamm verknetet wurde. Ich habe nun nirgends eine Angabe gefunden, daß etwas derartiges durch die Brandung direkt zustande kommt. Dagegen werden Gesteinsverknetungen erzeugt bei Rutschungen. Durch subaquatische Rutschungen entstehen nach A. Heim (34, S. 153) auch Blockanhäufungen ohne Rundung der Ecken und Kanten. Gleichzeitig findet sowohl im Abrutschgebiet wie im Aufschüttungsgebiet eine Vernichtung von Flora und Fauna statt (S. 156). Letzteres würde die Entstehung der Ockerkalke erklären. Sie sind zufolge O. Reis (71, S. 63) das Sediment, das man am ehesten als eine chemische Folge organischer Fäulnisstoffe ansehen kann.

Daß Dislokationen stattgefunden haben beweist eine auffallende Stauchungserscheinung bei Mergelstetten (Fig. 21). Dort liegt rechter Hand hinter den letzten Häusern an der Steige ein verlassener Bruch, in dem eine eigenartige Auffaltung der Schichten zu sehen ist. Die mit 10° Gefäll vom Riff herabkommenden Crinoidenmergelkalke brechen plötzlich ab, um 2 m weiter unten in elegantem Bogen senkrecht in die Höhe zu steigen. Hier ist ein Knick, von dem sich das Gestein langsam abwärts senkt, um schließlich horizontal weiterzugehen. In die Sedimentlücke erscheint von oben her Bolheimer Flaserkalk hereingequetscht. Darüber findet sich das Sediment in normaler Weise. Die noch nicht völlig erstarrten Schichten

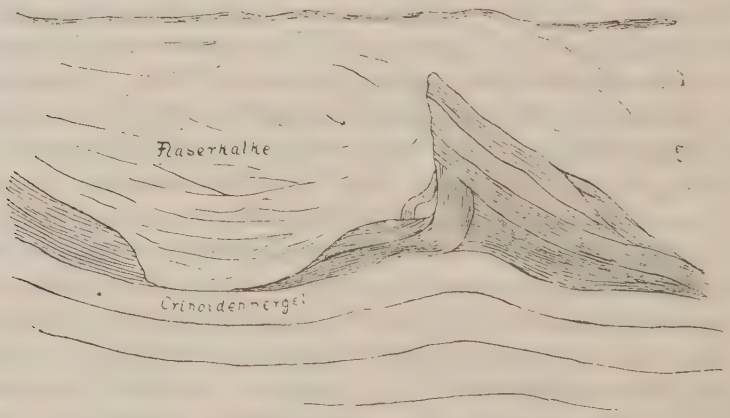


Fig. 21. Schichtenaufstauchung bei Mergelstetten.

rissen an der Riffböschung, wurden emporgewölbt, im First zersprengt und in diesem Zustande vom folgenden Sediment bedeckt.

Interessant ist noch die Lagerung merkwürdig gequälter Dolderbrunnenbreccien mit Ockerkalken bei Grafeneck. Es zeigen sich dort im ersten Bahneinschnitt Marbach—Münsingen die (Fig. 22—23) dargestellten Verhältnisse. Daß diese Massen ihre sonderbare Lage dem Transport durch Wasser verdanken, kann nicht wohl angenommen werden, denn die Wirkung des Wassers ist eine ausbreitende, nivellierende.

Nach Gümbel (29, S. 265) findet sich ähnliches in mehreren Brüchen am Blumenberg und bei Sappenfeld in Franken. „Es liegen hier zwischen vollständig eben geschichteten und regelmäßig horizontal gelagerten, dünnen Plattenkalken bis 2 m mächtige Bänke von oolithisch ausgebildeten Kalken, deren einzelne Schichten un-

regelmäßig anschwellen, linsenförmige Formen annehmen und dabei wellig gebogen, gekrümmt und gefaltet sind, als wenn sie seitlich zusammengestaucht worden wären. Diese Unregelmäßigkeiten scheinen während der Verfestigung des Gesteinsmaterials bedingt gewesen zu sein. Sie wiederholen sich auch in den Ablagerungen bei Solnhofen und Möresheim."

22

23

Fig. 22 u. 23. Gequälte Kalkmassen zwischen Zetaschichten. Erster Bahneinschnitt Marbach—Münsingen.

Als Ursache solcher subaquatischer Dislokationen müssen die Wassermassen des Meeres gelten. So kann nach Reyer (71, S. 68) bei starker Ebbe oder nachhaltig sinkendem Wasserspiegel eine Bewegung der Sedimente an der Uferböschung auftreten. Ähnliche Wirkungen werden nach Th. Fuchs (23, S. 578) erzeugt durch Aufstauen großer Flutmassen. O. Reis (71, S. 208) erklärt die Sedimentbewegungen im Meere durch sich vielfach und stoßweise wiederholende Strömungen nach der Tiefe zu, die sogenannten Sogströme. Für die Wirkung der genannten Ursachen ist recht günstig eine mehr oder weniger große Neigung der ursprünglichen Auflagerungsflächen (Riffabhänge).

Müssen wir so die Entstehung der Pseudobreccien in letzter Linie doch großenteils auf die Bewegung der Wasser des Meeres

zurückführen, so liegt es nahe, für das periodische Auftreten derselben mit Th. Schmierer (76, S. 537) Perioden stärkerer Wasserbewegung anzunehmen. Diese wiederum würden hinweisen auf einen oszillierenden Meereswandel, wie er an vielen rezenten Riffen festgestellt worden ist (43, S. 36). Unter dem Einfluß solcher oszillierender Bewegungen schichten sich nach Joh. Walther „mantelförmige Schalen flach nach unten reichender Zungen von Korallenkalk um die Böschungen des Kalkstocks, es entsteht jene Schichtung, die wir als Übergußschichtung bezeichnet haben“ (87, S. 914). Daß diese verstärkte Wasserbewegung auch eine direkte Trümmerbildung verursacht, bestreite ich nicht. In welchem Maße sie sich mit der Subsolifluktionszertrümmerung und -verknetung kombiniert, kann ich nicht sagen.

Die bei diesen Vorgängen aufgewirbelte Trübe mag einen Teil des außerordentlichen Kieselreichtums mancher „Korallenbreccien“ erklären. Als Hydrosol im Wasser gelöste Kieselsäure wird zufolge Kohler (41, S. 57) durch feine Trübe vollständig oder nahezu vollständig ausgefällt. Auch durch Kohlensäure kann die Kieselsäure niedergeschlagen werden (Kolloidzeitschrift. VI. S. 235).

Gesteine ähnlicher Art wie die beschriebenen haben wir auch sonst im Weißen Jura nicht selten. An der Grenze von Unter- und Oberdelta liegen an der Weißensteiner Steige und der von Neuffen nach Grabenstetten Ockerkalke, die petrographisch mit denen von Zeta übereinstimmen. Im Deltabruch Onstmettingen ist damit vereinigt eine Pseudobreccie, die mit der des Dolderbrunnens verwechselt werden könnte. Diese Dinge finden sich aber auch innerhalb der dichten Felsenkalke häufig. Im Felsenkalkbruch oberhalb Arneck ist ein großer Teil der Kalke zusammengesetzt aus ineinander zerfließenden Lappen und Batzen verschiedener Sedimente. Die Verquirlung ist um so deutlicher, je verschiedener die teilnehmenden Stoffe sind. In organischer Verbindung mit diesen Gekrösekalken treten Ockerkalk und Ockerdolomit auf. Im Gegensatz zu dem weichen, weil etwas mergeligen Ockersediment in Zeta sind es hier ungemein harte und zähe plumpe Massen. Dieselben Verhältnisse haben wir in den Felsenkalken von Bolheim. Auch hier schlierige bis breccienartige, helle Kalkmassen zwischen dunklerem Ockerdolomit. Von Mergelstetten habe ich sehr schöne Stücke, die diesen Aufbau zeigen. Ebenso Felsenkalkbreccien von Sontheim, Eybach-Steinenkirch, Stetten bei Geislingen usw. „Jeder Ruhestand der Sedimente auf dem Boden des Meeres ist ein relativer, ein Gleich-

gewichtszustand zwischen Wasserdruck und Böschungslage; bei jeder Druckvermehrung und -verminderung findet eine Störung dieser vorläufigen Gleichgewichtslage statt, welche erst dann eine stabile wird, wenn Horizontalität des Sediments erreicht ist" (zit. in 3, S. 347). So müssen wir uns vorstellen, daß während der ganzen Ablagerungszeit der Felsenkalke immer wieder das Sediment lawinenartig niederbrach und wirr durcheinandergeknetet liegen blieb. Die dabei zerstörten Organismen mögen dann die Bildung der dolomitischen Ockerkalke veranlaßt haben.

Für die Erklärung mancher Ockerkalke, die nicht in Verbindung mit „Breccien" auftreten, mag die Tatsache in Anspruch genommen werden, daß die durch Windstau bewirkte seewärtsgerichtete Unterströmung fortwährend bemüht ist, all die Reste- und Verwesungsprodukte einer überreichen Rifffauna und -flora von den Böschungen und Bänken wegzuspülen. In den benachbarten Vertiefungen werden diese Stoffe angesammelt, um hier vollends zu verwesen (42, S. 156).

5. Der Brenztaloolith.

Wie schon von anderer Seite hervorgehoben, haben wir es im „Brenztaloolith" nicht mit einem eigentlichen Oolith zu tun. Bruchstücke von Echinodermen, Schwämmen, Mollusken, Bryozoen, Korallen und Kalkalgen liegen hier frei abgerollt nebeneinander. Dazwischen zeigen sich Kalkschlammknöllchen und Foraminiferen. Öfters beobachtet man um die Trümmer herum einen feinen, dunklen, die Unebenheiten ausfüllenden Kalksaum; eingestreut kommen einzelne echte, regelmäßig konzentrische Ooide vor. Zwischen Oberstotzingen und Asselfingen ist das Korn etwas gröber; neben Echinodermen nehmen besonders Korallenbruchstücke am Aufbau teil. Für Gesteine dieser Art hat M. Nahnsen (54) im Gegensatz zu den überwiegend aus gleichkörnigen Ooiden aufgebauten Oolithen den Namen „Trümmerkalk" gewählt. Die Trümmer gehen nach Joh. Walther (87, S. 927) hervor aus der zerstörenden Tätigkeit von Krebsen, Raubfischen, Echinodermen, Holothurien usw. Er hat in dieser Beziehung jüngst interessante Experimente (89, S. 39) angestellt. Innerhalb dreier Tagen verwandelten vier Krebse 800 Schalen von *Venus* vollständig in Muschelsand. Aus mehreren Versuchen berechnet er, daß ein Krebs im Jahr 3500 Muscheln zerkleinert, und die Korallenriffe wimmeln von Krebsen. Da jedoch auf Aldabra derartige Tiere fast ganz fehlen, nimmt Voeltzkow (l. c.)

für den dortigen Korallensand die Brandung als wesentlichste Entstehungsursache an.

Der Sirchinger Oolith ist bemerkenswert durch die bedeutende Umkrustung der Trümmer und dürfte daher seinen Namen mit Recht führen. Diese Krusten sind gleich gebaut wie die des norddeutschen Korallenoolith, des Greatoolith, des Hauptoolith (Rheintal) und vieler anderer jurasischen Oolithe. Sie stimmen überein mit den rezenten Ooiden der Reede von Suez (54 u. 85). Auch der Rogenstein des Buntsandsteins ist, wenn man von Kegel- und Spindelstruktur absieht, damit zu vergleichen. Bei der großen Ähnlichkeit mit den englischen Oolithen durfte ich erwarten, die dort so häufigen Girvanellen oder etwas Ähnliches auch hier zu finden. Leider ist das Gestein aber ziemlich hochkristallin, so daß man etwas Derartiges, selbst wenn es ursprünglich vorhanden war, nicht erkennen kann. Dagegen ist es mir gelungen, *Girvanella* im Korallenoolith von Klein-Lützel nachzuweisen. In dem Dünnschliffe, den ich Herrn Dr. Gaub verdanke (Handstück im Geologischen Institut der Univ. Tübingen), läßt eines der Knöllchen deutlich ein Geflecht feinster, durch eine dunkle Linie begrenzter Schläuche erkennen. Sie messen 0,008 mm im Durchmesser und sind von konstanter Dicke. Letzteres ist nach Rothpletz (73) entscheidend für die Einweisung in die Gattung *Girvanella*. Anschwellungen und ungleiche Dicke würden die Sphaerocodien charakterisieren. Beiden gemeinsam ist die dichotome Verzweigung der Zellfäden. Ich konnte sie bei meinem Funde deutlich erkennen. Die Girvanellen umkrusten hier ein Bryozoenstöckchen, der so entstehende Knollen mißt 3/5 mm. Eine konzentrische Struktur wird dabei nicht erzeugt, und in den danebenliegenden konzentrischen Ooiden sind Girvanellen nicht nachweisbar. Bemerkenswert ist die Größe der Kalkalgenknollen gegenüber den gewöhnlichen Ooiden. Wethered (92) beschreibt diese nämlichen Girvanellen aus dem Coralline Oolithe. Auch er hat sie nicht in den echten Ooiden gefunden, sondern in etwa erbsengroßen „Pisolithen". Wethered unterscheidet in diesem Horizont zwei Spezies: *Girvanella minuta* mit 0,007 mm Durchmesser und *Girvanella intermedia* mit 0,01 mm Durchmesser. Unsere *Girvanella* nähert sich mehr der ersteren und mag mit dieser vereinigt werden. Es fragt sich nun: Haben die Girvanellen mit der eigentlichen Oolithbildung etwas zu schaffen oder nicht? Zweifellos ist, daß sie, ebenso wie die Sphaerocodien, nicht bohrende Algen sind, sondern daß sie die „Pisolithe" tatsächlich aufbauen. Was ich aber nun ganz besonders betonen

möchte, das ist der große, in die Augen springende Unterschied zwischen diesen „Pisolithen“ und den eigentlichen Ooiden. Während diese aus regelmäßig konzentrisch angeordneten Lamellen aufgebaut sind, fehlt jenen der lagenförmige Aufbau, oder er ist, wenn vorhanden, von größter Unregelmäßigkeit. Mit M. Nahnsen (l. c. S. 300) bin ich der Ansicht, daß nicht einzusehen ist, „durch welche Vorgänge aus einem wirren Knäuel von Röhrchen die regelmäßig konzentrische Schichtung hervorgebracht werden soll“. Es wird deshalb von Vorteil sein, die Kalkalgenknollen von den Ooiden grundsätzlich zu trennen und eine Abhängigkeit der Ooidbildung von den Girvanellen nicht anzunehmen.

Kehren wir nunmehr zu unseren Trümmerkalken und Oolithen zurück, so lassen sie sich vom detritogenen Sediment der Felsenkalke unterscheiden durch ihr gröberes Korn, eine klare, grobkristalline Zwischenmasse und die Teilnahme von Korallensand, dann aber durch die nie fehlende Schichtung. Wichtig ist da besonders das Brenztal. Ich fand dort zwischen Heidenheim und Schnaitheim in sechs Brüchen eine unruhige, rasch wechselnde, scharf ausgeprägte Diagonalschichtung. Die Echinodermentrümmerkalke des Brenztals sind als eine Strandbildung unter Mitwirkung des Windes zu betrachten. Dabei mögen solch flaue Schichtungen, wie ich sie aus den tiefsten Teilen des Heidenheimer Bruches abgebildet habe (Taf. I, 2), recht wohl noch unter Wasser entstanden sein (37, S. 153). Joh. Walther (88) beschreibt schon 1904 einen der Schnaitheimer Brüche und spricht sich für die Dünennatur dieser Ablagerung aus. Nach Th. Schmierer (l. c. S. 559) stehen die Trümmerkalke des Brenztals im Zusammenhang mit den crinoidenreicheren Teilen der Felsenkalke. Sie überlagern die Plattenkalke als jüngste Bildung des Jurameeres. Ihre Ausbreitung erfolgte von Osten nach Westen (Schmierer). Ähnliche Bildungen sind die Korallensande von Asselfingen, Oberstotzingen, die Oolithe von Sirchingen, die Korallensande des Blautales (Wippingen, Neideck), der Hattinger Austernoolith und manches andere kleinere Vorkommen. Diagonalschichtung habe ich in diesen nicht bemerkt, wobei der Hattinger „Oolith“ ausscheidet, da ich ihn selbst nicht kenne. Dieser eventuelle Mangel mag damit zusammenhängen, daß alle diese Sedimente sich vor Schluß der Zetazeit unter Wasser absetzten. Wie die mit ihnen eng verknüpften Korallenkalke erscheinen sie direkt auf den Felsenkalken oder zwischen die Zetaplatten eingelagert.

Aus der Jetztzeit werden Trümmer-„Oolithe“ erwähnt (24) von den Kanarischen Inseln von L. v. Buch. Darwin und Renard fanden sie auf Ascension, Agassiz auf Florida und den Bahamas, Walther am Roten Meer. Dana berichtet, daß sich an der Nordküste von Tahati Korallensand und zerriebene Muschelschalen mit dem verkittenden kohlensauren Kalk des Meeres überziehen und jedes Korn sich zu einer Kugel vergrößert. Dana und Agassiz haben derartige Sande als Dünenbildung von rezenten Korallenriffen beschrieben. Sie bezeichnen dort das Ende der Riffbildung. „Oolithlager scheinen auf die oberflächlichen Teile eines Riffs beschränkt zu sein und verdanken ihre Entstehung den Wellen und dem Wind“ (52, S. 503). Wegen der engen Verknüpfung der Brenztaloolithe mit den Korallenbauten, sowie als Teil des Rifforganismus möchte ich den Zusammenhang mit den Epsilonmassen nachdrücklich betonen und stelle mich damit auf die Seite Quenstedt's.

Zusammenfassung der beschriebenen oolithischen und Trümmerstrukturen.

1. Entstehung auf chemisch-physikalischem Wege.
   a) Regelmäßig konzentrisch gebaute Ooide, die zu Zwillingen und Viellingen zusammentreten können (Oolithstruktur).
   b) Kalkkrusten mit konzentrischem, wolkig-schlierig-dendritischem Bau und oolithoidischer Grundmasse (Stromatolithstruktur).

Wie schon gesagt, wollen wir diese Bildungen als chemische bezeichnen, seien sie durch organische Verwesungsprodukte gefällt oder aus Bicarbonaten, denen durch Pflanzen die Kohlensäure entzogen wurde. Dabei wird beim Ausfallen oder bei der Verfestigung die Anordnung der Partikelchen durch physikalische Kräfte in eigenartiger Weise modifiziert. (Hierher wird man auch eine durch Umkristallisation erzeugte versteckt oolithische Struktur rechnen müssen. Auch hier haben wir chemische und physikalische Vorgänge: Auflösung und Wiederauskristallisieren des Calcits in physikalisch bestimmter Anordnung. Dabei ist es gleichgültig, ob sich der Vorgang während der Diagenese vollzog oder durch die Atmosphärilien bedingt wurde.)

2. Entstehung auf mechanischem Wege.
   a) Rundliche Knöllchen (Grusgeschiebe) von gewöhnlichem Sediment, durch Aufarbeitung und Abrollung noch nicht ganz verfestigten (?) Sediments entstanden (Grusstruktur).

b) Trümmer, entstanden durch die Tätigkeit von Krebsen, Fischen usw. und weiterhin abgerollt durch die Bewegung des Meeres, oder in der Brandungszone gebildet unter der zermalmenden Wirkung größerer Blöcke, oder durch Dislokation zertrümmert (Trümmerstruktur).

c) Formlose, fladige Batzen und Schlieren, entstanden durch Subsolifluktion plastischer Sedimente (Gekrösestruktur).

d) Scharfeckige, echte Breccien, entstanden durch Subsolifluktion (?) bereits erhärteter Sedimente (Breccienstruktur).

3. Beteiligung von Organismen am Aufbau von Pseudoooiden. Ophthalmidienknollen und Girvanellenknollen (Pseudooolithstruktur).

Die Rifffrage.

Ich möchte nun im Zusammenhang die Frage nach der Riffnatur der Epsilonkalke behandeln. Waren die Massenkalke von jeher über den übrigen Meeresgrund erhaben, oder sind die Mulden und Hohlformen, in denen Zeta lagert, erst nach der Ablagerung von Epsilon entstanden?

Th. Schmierer führt ihre Ausmodellierung hauptsächlich auf die Tätigkeit der Meereswellen zu Beginn der Zetazeit zurück. Die „Breccien" werden dabei als Erosionsprodukt dieses Vorgangs aufgefaßt. Da muß nun aber gesagt werden, daß die verhältnismäßig geringe Masse derselben mit den gewaltigen Mulden der Epsilonkalke nicht wohl verglichen werden kann. Dann aber lagern die Breccien eben häufig erst über und zwischen Zeta (Schelklingen, Sozenhausen). Es hat sich erst Zetaschlamm abgesetzt, dann die „Breccie"; letztere kann in diesen Fällen nicht mit einer Schaffung von Lagerungsmulden für Zeta zusammengebracht werden. Sie kommt nicht von unten her, sondern von oben. Die „Breccien" senken sich in Übergußschichtung zungenförmig zwischen das Zetasediment hinein. Übergußschichtung ist aber beschränkt auf die Böschungen der Korallenriffe (87, S. 639).

Es liegt näher, die Mulden als ursprünglich anzusehen, wesentlich erzeugt durch das sporadische Wachstum riffbildender Organismen. Nach Philippi (59) entstehen Riffkalke, „welcher Art auch ihre Fauna und Flora gewesen sein mag, an exponierten Stellen im offenen Meer, hoch über dem Schlammgrund". Sie können erkannt werden einmal „am geringen Betrag der klastischen, in Salzsäure unlöslichen Substanzen", dann „am sessilen oder schwer beweglichen

Charakter von Fauna und Flora“ (S. 434). Beides trifft in hervorragender Weise für unsere Epsilonkalke zu.

Als rezentes Beispiel einer Bank- oder Riffbildung ohne wesentliche Teilnahme von Korallen führe ich die Taubenbank des Golfes von Neapel an (89). Sie erhebt sich wie eine Oase über der Schlammwüste; Kalkalgen bauen hier eine riffartig emporsteigende Kalkmasse auf, deren zahlreiche Lücken von Muschelsand erfüllt werden. Die Kalkalgen gedeihen am üppigsten bei etwa 50—60 m Tiefe, die ebenfalls reichlich vorhandenen Bryozoen bei 50—85 m. Kalksande mit Foraminiferen gruppieren sich um die Kalkalgenlager und gehen nach unten in den Schlamm über. Die Lebensarmut des Schlamms einerseits, das reiche Leben der Bank andererseits führt Walther in erster Linie auf Mangel bezw. Überfluß an Sonnenlicht zurück.

Daß Mulden schon während der Epsilonzeit vorhanden waren, beweist einmal die muldenförmige Lagerung der Flaserkalke, dann das Verhalten der „Muschelmarmore“. „Die lagerhaften Muschelmarmore schwanken in großen Wellen auf und ab, als hätten sie sich in schon vorhandenen Unebenheiten ablagern müssen“ (65). Sehr schön sieht man dies bei der Unterlage des Wippinger Korallenfelsen (Fig. 18). Denselben Aufbau weist auch die Grundlage der Epsilonkalke auf. E. Fischer (14) hat den Riff- und Bankcharakter der Schwammkolonien festgestellt und sagt, daß wir in der Jetztzeit ein Analogon am ehesten in den Korallenriffen finden. „Schon mit Beginn der Koloniebildung setzte eine starke Unregelmäßigkeit des Bodenreliefs ein, die sich nach oben hin wohl noch verstärkte, so daß die Tiefe schon auf geringe Entfernung eine außerordentlich verschiedene wurde.“

Es ist im vorhergehenden die Frage gestreift worden nach den Faktoren, die einen derartigen Wechsel von Erhebungen und Vertiefungen zu schaffen vermögen. Die Grundlage wird wohl gelegt durch die Ansiedlung von Schwämmen an Stellen geringerer klastischer Sedimentationen. Durch ihr Wachstum erheben sie sich über den umgebenden Meeresboden (15). Allmählich gelangt die Oberfläche der Bauten in den Bereich des Hydrozoen-Wachstums. Diese tragen nun ihrerseits zur weiteren Überhöhung bei. Unter dem Einfluß der verschiedenen Verteilung des Sonnenlichtes (89) werden die Kalkalgen vorzugsweise diese Riffe bewohnen, bis schließlich das Ganze von Korallen gekrönt wird. Mäßig starke Strömungen haben die Riffbildung direkt gefördert durch reichlichere

Nahrungszufuhr für die Fauna und Kohlensäurezufuhr für die Flora (43, S. 27). Sie verhinderten, daß die Larven der riffbildenden Organismen sich an den Abhängen festsetzten und verteilten das Trümmermaterial über die Böschungen (49, S. 240). Stärkere ozeanische Strömungen konnten in den Vertiefungen erodierend wirken. Dies wird jedoch im allgemeinen durch die Gezeiten-Ströme geschehen sein (81).

Th. Schmierer benutzt das an manchen Stellen zu beobachtende scharfe Absetzen der nebeneinander lagernden Epsilon- und Zetasedimente, um den letzteren ein absolut jüngeres Alter zuzuschreiben. Dies gilt wohl für die gerade in Betracht kommenden Stellen, aber nicht für das ganze Epsilon und nicht für das ganze Zeta. Wenn die Epsilonmassen Riffbildungen waren, konnte sich recht wohl in den Mulden Zetaschlamm absetzen, während sie selbst oben weiter wuchsen; die Sedimentation fand in verschiedenem Niveau statt und ein horizontaler Übergang kann dann, trotz gleichzeitiger Bildung, nicht statthaben. Ein scharfes Absetzen des wohlgeschichteten, außerhalb des Riffs entstandenen Nebengesteins an dem eigentlichen Riff, ist nach E. Kayser (37, S. 542) eine für diese Dinge allgemeine Erscheinung. Daß aber auch Übergänge von Felsenkalk zu Flaserkalk und Flaserkalk zu Plattenkalk stattfinden, habe ich bei der Behandlung der Flaserkalke gezeigt. Was im besonderen die Nusplinger Verhältnisse betrifft, so ist dort im Taubenloch Zeta tatsächlich abweichend an Massenkalk angelagert. Diese Schlucht muß zur Zetazeit schon bestanden haben. Der zuckerkörnige Kalk des Staufenbergs bildet nun, wie früher erwähnt, ein echtes Atoll; die jurasische Schlucht schneidet das Atoll quer an, so daß man sie als Gezeitenkanal des Atoll auffassen möchte. Auf Adalbra (81, S. 515) ragen am Eingang eines solchen Kanals eine Reihe felsiger, gewachsener Riffkalkpartien hervor. Der Haupteingang ist als tiefe Rinne weit in die Lagune hinein zu verfolgen, auch scheint es, als setzte er sich nach außen tief in den Fuß des Riffes eingeschnitten fort. Wenden wir dies hier an, so verstehen wir, wie sich Zetaschichten an den angeschnittenen älteren Delta- und Epsilonfelsen ohne Übergang anlagern konnten.

Es wird noch eingewendet, daß, wenn Epsilon und Zeta gleichzeitig gebildet worden wären, Teile von Epsilon in die „Lagune“ Zeta hätten eingeschwemmt werden müssen, besonders zu der Zeit, als die „Breccien“ gebildet wurden. Dies fand auch tatsächlich statt. Haben wir doch z. B. bei Schelklingen mitten in Zeta eine

Pseudobreccie, in der weiches Felsenkalksediment mit dem Tonschlamm verknetet ist (Fig. 24).

Was das sogenannte geschichtete Epsilon der Steige Neuffen—Grabenstetten betrifft, so fehlt hier die eigentliche Riff-Fazies. Wie weit diese Schichten nun Marmor, Zuckerkorn und Dolomit vertreten, kann niemand sagen. Haizmann und Schmierer wollen, daß sie die Stelle der letzteren ganz ausfüllen. Ich kann aber ebenso annehmen, daß dies nur zu einem Teil stattfindet, der Rest aber von den überlagernden Zetaplatten gestellt wird.

Ferner werden die entsprechenden Schichten der südlichen Alb in Randen und Aargau zum Vergleich herangezogen und hieraus eine vollständige zeitliche Einordnung von Marmor, Zuckerkorn und Dolomit in den *Pseudomutabilis*-Horizont abgeleitet. Ich halte

Fig. 24. Dichter Kalk, gekröseartig mit tonigem Zetaschlamm verknetet. „Breccienbank“ inmitten der Zetaschichten des großen Zementbruches bei Schelklingen.

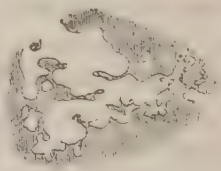


Fig. 25. Typische Dolderbrunnen-„Breccie“, die Verquirlung von plastischem Kalksediment mit stark ockerigem Material zeigend.

die dortigen wenig mächtigen und nicht typisch ausgebildeten Massenkalke nicht für vollständige Äquivalente der sehr mächtigen Riffe z. B. der Ulmer Gegend („Marmor, Zuckerkorn und Dolomit treten gegen Südwesten überhaupt zurück, Schwammfelsen treten an ihre Stelle“ [32, S. 536], „auch in der Gegend von Tuttlingen und Immendingen fällt der Mangel an typischem Epsilon auf“ [S. 538]). Es ist wohl möglich, daß die Massenkalkbildung in den nordöstlichen Teilen der Alb noch vor sich ging, als sie dort unten schon erloschen war, und an ihrer Stelle wohlgeschichtete Lager entstanden. Wenn die älteren Massenkalke sich mit den *Pseudomutabilis*-Schichten in Parallele bringen lassen, so muß dies noch lange nicht für die gesamte petrographische Massenkalkbildung in unserem Jura gelten.

Übrigens berichten die Gebr. Würtemberger vom Aargau und Randen: „Die Massenkalke der Nappbergschichten bilden gegen oben fast überall den Schluß der jurasischen Ablagerungen“ (93, S. 59).

Nur bei Schaffhausen ist nach ihnen zuckerkörniger Kalk unter Plattenkalken aufgeschlossen. Weiter heißt es (S. 53): „Wir müssen offen gestehen, daß die Selbständigkeit der Wirbelbergschichten (Zeta) noch keineswegs ganz sichergestellt ist; denn es wäre vielleicht auch möglich, daß ein Teil der Wirbelbergschichten nur eine lokale Faziesbildung der Nappbergschichten repräsentierte." Unten S. 67: „Ob die gut geschichteten Plattenkalke südlich der Donau ausschließlich die Wirbelbergschichten repräsentieren oder auch noch teilweise die Nappbergschichten vertreten, ist noch nicht entschieden." Dann: „Südwestlich vom Klettgau scheinen im Kanton Aargau ebenfalls den Wirbelbergschichten oder vielleicht auch zugleich den Nappbergschichten entsprechende schiefrige Plattenkalke vorhanden zu sein." Bei dem Vergleich der Nappbergmassenkalke mit den Solnhofener Schiefern kommen sie zu folgendem Resultat: „Von den 14 Ammonitenarten, welche Oppel aus den Solnhofener Schichten beschreibt, gelang es uns, aus den Nappbergschichten 6 nachzuweisen. Es sind dies:

A. steraspis Oppel
A. Pipini „
A. latus „
A. aporus „
A. hoplisus „
A. Ulmensis „

Man darf daher wohl mit Sicherheit unsere scyphienreichen Nappbergschichten den lithographischen Schiefern von Solnhofen parallel stellen; daß aber die letzteren insgesamt jünger sind als die *Mutabilis*-Schichten, dürfte man deshalb folgern, weil noch keine Leitmuschel der letzteren daraus bekannt ist" (S. 66).

Bezüglich der paläontologischen Beweise Th. Schmierer's möchte ich fragen, wie es kommt, daß der für die Nappbergschichten so wichtige *Perisph. ulmensis* Oppel, der von Pompeckj auch in den plumpen Felsenkalken des Frankenjura gefunden ist, sich in den *Pseudomutabilis*-Schichten nicht findet, wohl aber als Leitfossil der Plattenkalke gilt? Die Massenkalke enthalten nach Th. Schmierer Petrefakten, die teils älteren, teils jüngeren Stufen zukommen; wiederholt betont er die Mittelstellung des schwäbischen Epsilon, die im unklaren lasse, ob es sich mehr an jüngere oder ältere Schichten anschließe. Trotzdem ordnet er nach Aufzählung von Namen dieselben zeitlich völlig den *Pseudomutabilis*-Schichten ein. Nun kommt es aber doch nicht nur auf die Anzahl der

Namen an, sondern auch auf die der betreffenden Individuen. Dann aber kann niemand sagen, ob die für die *Pseudomutabilis*-Schichten sprechenden Tiere nicht eben vorzugsweise den älteren Teilen der Massenkalke entstammen, die damit sicher gleichzeitig sind. Ein jüngerer Rest kann immer noch mit Zeta zusammengehören.

Da nun weder innerhalb der Schwammkolonien von Alpha, Beta, Gamma, Delta noch in den Hydrozoenriffen mit Dolomit und Felsenkalk (Gamma, Delta, Epsilon, Zeta), noch im Korallenkalk (Epsilon, Zeta) exakte horizontale Grenzen vorhanden sind, vielmehr die bisherigen Abgrenzungsversuche seit Quenstedt der Jammer aller Geologen waren, so glaube ich, die Sachlage zu klären, wenn ich die Riffbildung des Weißen Jura Schwabens den 6 Cephalopodenfazies des *Peltoceras transversarium*, *Pelt. bimammatum*, der *Sutneria Reineckiana*, *Oppelia tenuilobata*, des *Aulacostephanus pseudomutabilis*, der *Oppelia lithographica* als Ganzes gegenüberstelle. Man wird eine rein genetische Einteilung dieser Riffbildung erstreben und diese Teile zeitlich mit den Ammonitenzonen in Verbindung zu bringen suchen, jedoch mit dem Bewußtsein, daß dies nur unvollkommen möglich ist.

Die Bedeutung der jurasischen Riffe für die Korallenrifftheorie.

Von den Korallenriffproblemen interessieren uns hier diese zwei: Wie kommt die große Mächtigkeit der Riffe zustande? Wie entstehen die Atolle?

I.

a) Da Korallen in riffbildender Weise nicht viel tiefer als 30 m unter den Meeresspiegel herabgehen, nimmt Darwin an, daß Korallenriffe, deren Mächtigkeit dieses Maß übersteigt, unter positiver Bewegung des Meeresspiegels entstanden seien.

b) Es wird überhaupt bestritten, daß Korallen durch ihr Wachstum mächtige Riffe bilden, sondern angenommen, daß sie als dünne Krusten einem andersartigen Gestein aufsitzen. Die Grundlage soll erzeugt werden

1. durch lokale Aufschüttung organischer Hartteile (Murray 53),
2. durch Emporhebung von irgendwelchen Bodenunebenheiten (Vulkane, Felsklippen usw.) in den Bereich des Korallenwachstums (Guppy, 37, S. 540),
3. durch Abrasion und Erosion von gehobenen, älteren Kalken und anderen Gesteinen (Agassiz, 43, S. 104).

Den unter b) zusammengefaßten Theorien ist gemeinsam, daß sie auf einen positiven Meereswandel verzichten, dagegen einen stationären Zustand (1) oder eine negative Bewegung annehmen (2 u. 3). Wir wollen nun sehen, ob während der Ablagerung der oberen Malmschichten positive Bewegungen stattgefunden haben oder nicht.

In Alpha, Beta, Gamma, Delta haben wir hauptsächlich Schwammkolonien, vielleicht schon in Gamma, sicher aber in Delta und in großem Maß in Epsilon stellen sich riffbildende Hydrozoen ein, die von kalkalgenreichen Sedimenten begleitet werden. Nach oben, besonders zur Zetazeit, treten dann Korallen auf. Dabei steht fest, daß die letzteren in größerer Mächtigkeit als einige 30 m sich bei uns bis jetzt noch nicht gefunden haben. Wir sind daher ganz auf die Hydrozoen angewiesen und es handelt sich darum, ob wir für sie eine ähnliche Tiefenempfindlichkeit annehmen dürfen, wie für die Korallen.

Als ersten Punkt führe ich an das kompakte und ununterbrochene Riffmassen aufbauende Skelett. Etwas Derartiges kann doch wohl nur durch steten Kampf mit einem bewegten Meere bedingt sein, spricht also für seichteres Wasser.

2. Die jetzt lebenden und ebenfalls Riffe bildenden Verwandten der Ellipsactinien, die Milleporiden leben 0,5—27 m unter dem Wasserspiegel (87).

3. Die Lebensgemeinschaft der Stromatoporiden, Milleporiden und tithonischen Ellipsactinien mit riffbildenden Korallen läßt auf ähnliche Lebensbedingungen schließen.

4. Das gemeinsame Vorkommen mit Kalkalgen. (*Halimeda* geht auf Funafuti bis auf 90 m herab, Gardiner gibt für Nulliporen im allgemeinen die Tiefe von 70—90 m als untere Grenze an.) Gewöhnlich leben die Kalkalgen jedoch in viel geringerer Tiefe (50 m).

5. Die Dolomitbildung der rezenten Riffe scheint eine Flachseebildung zu sein, und die Hydrozoenriffe Schwabens sind ebenfalls dolomitisiert.

Nach all dem ist es wahrscheinlich, daß auch unsere Ellipsactinien in nicht viel größerer Tiefe gelebt haben als die heutigen Korallen. Nun beträgt die Mächtigkeit (13) von Epsilon und Zeta zusammen in der Ulmer Gegend 150—180 m, diejenige von Delta bei Spaichingen und Tuttlingen 15 m, bei Kirchheim—Aalen 25 m, bei Balingen—Tübingen 50—60 m. Berücksichtigen wir dazu das Auftreten von dolomitischem Lochfels in Gamma, so können wir

annehmen, daß sich zwischen dem ersten Erscheinen der Hydrozoen und der Trockenlegung des Meeresbodens wenigstens 150—200 m Sediment abgesetzt haben. Wenn nun die Hydrozoen nicht in dieser Tiefe gelebt haben, so bleibt nichts übrig, als eine positive Bewegung des Meeresspiegels anzunehmen. Zu demselben Resultat ist auch E. Fischer (14) bei der Untersuchung der Schwammkalke des unteren Weißen Jura gekommen. Wir hätten uns also die Entstehung der Epsilonriffe durch Senkungen begünstigt vorzustellen, wobei dann aber, vielleicht gerade mit dem Auftreten der eigentlichen Korallen, ein stationärer Zustand oder eine oszillierende negative Bewegung einsetzte, die die schließliche Trockenlegung der Riffe bewirkte. Entsprechend werden an den meisten jetzigen Korallenriffen Anzeichen eines negativen Meereswandels festgestellt. Sie sind jetzt in demselben Stadium, in dem auch die jurasischen Riffe gegen Ende ihrer Entwicklung waren. Als Ergebnis hätten wir somit einen zwischen a) und b) vermittelnden Vorgang:

1. Bildung der Hydrozoenriffe usw. unter positivem Meereswandel,
2. stationärer Zustand oder oszillierende Bewegung, Wachstum der Korallen,
3. Trockenlegung der Riffe durch negativen Meereswandel. Bildung der Dünensande.

II. Die Bildung der Atolle.

a) Darwin erklärt die Atolle als Schlußresultat einer Entwicklung vom Küstenriff über das Dammriff vermittelst andauernder positiver Bewegung des Meeresspiegels.

b) Irgend eine Gesteinspartie gelangt in die Region des Korallenwachstums. Letztere siedeln sich darauf an, gedeihen aber infolge intensiverer Nahrungszufuhr vorzugsweise in den peripheren Teilen. Die Organismen im Zentrum sterben wegen Nahrungsmangels ab und ihre Trümmer werden durch Strömungen und die lösende Wirkung der Kohlensäure entfernt. Hebungen und Senkungen kommen dabei nicht in Betracht (Murray 53).

c) Die Lagune entsteht erst, wenn das Riff die Oberfläche des Meeres erreicht hat. Die Bildung findet statt durch die Kohlensäure der Atmosphärilien und die Erosion der Strömungen und Gezeiten (Guppy, 81, S. 533).

Zur Diskussion benützen wir das Nusplinger Atoll. Die Grundlage desselben besteht nicht aus zuckerkörnigem Kalk, sie

wird vielmehr von regulären Weiß-Juraschichten geliefert. Diese beginnen unten mit Alpha, dann folgen Beta, Gamma, Delta und erst ganz zu oberst zeigen sich dichte Felsenkalke und stellenweise dolomitischer, zuckerkörniger Kalk. Der letztere ist durch Verwitterung stark verändert und man hat nur Stücke zur Verfügung, wie sie die Bauern auf den Feldern um den Plattenbruch zusammenlesen. Es ist daher von vornherein ausgeschlossen, hier in allgemeinerer Weise die Hydrozoenstruktur nachzuweisen, einige Handstücke mit derselben sind jedoch in meinem Besitz. Für den Aufbau dieser zuckerkörnigen Kalke aus kalkigen Skeletten spricht besonders noch das Zusammenvorkommen mit schön geschichteten zuckerkörnigen Detrituskalken, die denen der Korallen sehr gleichen.

Es ist nun klar, daß für diese Verhältnisse die Darwin'sche Theorie keine Geltung haben kann. Es weist nichts darauf hin, daß der zuckerkörnige Kalk einst ein Dammriff um eine über das Meer erhabene Massenkalkinsel gebildet hat; er ist vielmehr in ganz geringer Mächtigkeit den Jurakalken ringförmig aufgesetzt. Die Anwesenheit riffbildender Organismen legt uns nahe, weniger an eine Atollbildung im Guppy'schen Sinne zu denken, sondern mehr in der von Murray angenommenen Weise. Daß dabei die Gezeiten erodierend mitgewirkt haben, ist sehr wahrscheinlich und schon früher betont worden. Die wechselnde, diskordante Schichtung der Nusplinger Platten zeigt in hübscher Weise das einstmalige Vorhandensein von Strömungen an.

Vergleich der triadischen, jurasischen und rezenten Riffbildungen.

Unter dem Einfluß der Darwin'schen Theorie hatte man angenommen, daß die Entstehung derartiger Sedimentanhäufungen ganz vorwiegend auf die Tätigkeit riffbildender Korallen zurückzuführen sei. Später wurde dann von den Gegnern dieser Theorie jede wesentliche Beteiligung derselben in Abrede gestellt. Jetzt weiß man, daß Korallen oder korallophile Hydrozoen in oft beträchtlicher Weise am Aufbau teilnehmen, daß aber daneben Trümmermaterial die Hauptrolle spielt. Trotzdem möchte Langenbeck (43, S. 25) den Namen „Korallenriffe" auch fernerhin beibehalten, „denn die Korallen bilden, trotz ihres Zurücktretens an Masse, doch das eigentliche Gerüst des Riffes, an das sich die anderen Organismen erst ansetzen; sie geben dem Riff seinen

Charakter und ermöglichen überhaupt allein dessen Bildung". Abgesehen wird dabei von den wenig mächtigen Lithothamnienlagern, Bryozoen- und Serpula-Bänken.

Die Bohrung von Funafuti ergab zu oberst 1 m harte Korallenbreccie bis zu 12 m, sowie zwischen 37 und 40, 58 und 61, 160—169 m fand sich fester, z. T. kavernöser Korallenfels. Die zwischenliegenden Strecken, 12—37, 40—58, 61—114, 114—160 m, wurden von Kalksanden, Kalkschlamm und Korallenbreccien eingenommen. Von 170—196 m erschien dichter Korallenkalk mit Kalksandbändern, bei 213 m weicher Dolomitkalkstein, dessen Grundlage von festem, aus Korallen und Muscheln zusammengesetztem Fels gebildet wurde (49, S. 235). Auch am Schlern sind an einer Reihe von Stellen riffbildende Korallen massenhaft nachgewiesen worden (74, S. 432 Anm. 3), und im Jura wird ihre Stelle z. T. von Hydrozoen ausgefüllt. Die rezenten, jurasischen und triadischen hochprozentigen Dolomite stimmen überein in ihrem isolierten, nesterweisen Auftreten. Für alle wird allseitig eine diagenetische Entstehung angenommen; die jurasischen stehen in enger Beziehung zu den eigentlichen Riffbildungen. Kalkalgen und Foraminiferen spielen für alle drei Formationen eine bedeutende Rolle, und dichte plumpe Kalkmassen sind regelmäßig mit den Riffbildungen verknüpft. In den Alpen wie auf der Alb finden sich darin merkwürdige Kalkkrusten. Oolithische Bildungen treten regelmäßig auf. Unter dem Einfluß oszillierenden Meereswandels (?) schichten sich Breccienbänke mit Korallen usw. zungenförmig von den Kalkstöcken weg (Cipitkalke, „Breccien" des Malm). Bei negativem Meereswandel treten die Riffe über die Wasseroberfläche heraus, und ihre Trümmersande häufen sich zu dünenartigen Bildungen an (Bahamas, Heidenheim. Mojsisovics S. 503). Auf den trocken gelegten Riffen bildet sich Terra rossa.

Für Funafuti, ebenso wie für die ladinischen Riffe (73, S. 67), ist gewiß, daß sie sich in positiver Phase gebildet haben. Die letzteren weisen einen intensiven, horizontal auf kurzer Strecke sich ändernden Fazieswechsel auf (74, S. 426). Beides wurde auch für die jurasischen Sedimente wahrscheinlich gemacht.

Es darf wohl noch auf die Bedeutung des fossilen Materials für die Erkenntnis des Rifforganismus aufmerksam gemacht werden, denn hier haben wir wirkliche Querschnitte, während die rezenten Bildungen im allgemeinen nur äußerlich und oberflächlich zugänglich sind.

Sowohl die triadischen als auch die jurasischen Riffe sind ausgezeichnete Beispiele für die Korrelation der Fazies und der Lebensbezirke.

Historisches.

Ich möchte nur noch kurz die Anschauungen darstellen, die man im Lauf der Zeiten über die Entstehung der Epsilonsedimente Quenstedt's hatte. Die erste ausführlichere Beschreibung der Gesteine unseres oberen weißen Jura gibt Freiherr v. Lupin 1809 (47). Neben dichten Kalken mit Stylolithen erwähnt er als eine ganz auffallende Erscheinung die zuckerkörnigen Kalke. Sie werden ganz trefflich charakterisiert und auch die von mir hervorgehobene Tatsache des klotzigen Eingewachsenseins im dichten Kalk ist ihm nicht entgangen. Ebenso genau schildert er die „Oolithe" des Brenztals und den in Gesellschaft des Zuckerkorns auftretenden Bohnerzton. Auf irgendwelche Erklärungsversuche verzichtet er ausdrücklich. 1826 macht v. Alberti (2) auf den Unterschied zwischen geschichteten und ungeschichteten, plumpen Kalken aufmerksam („ohne irgend eine Schichtenabsonderung steigt dieser Kalkstein in senkrecht abgeschnittenen oder überstürzten Partien zu mehreren hundert Schuh Mächtigkeit an"). Zum erstenmal wird der Dolomit erwähnt: „die körnigen Abänderungen sind größtenteils dolomitisch". Die Plattenkalke werden als jüngste Jurabildung abgetrennt. Im Anhang zum Werke Alberti's veröffentlicht der Tübinger Professor Schübler petrographische Untersuchungen über Dolomit, zuckerkörnigen Kalk, dichten Kalk, Kieselkalk und Bohnerze. Die Beobachtungen L. v. Buch's über das Vorkommen von Dolomit in Tirol in Begleitung mit Augitporphyr und das häufige Auftreten von Höhlen in dieser Gebirgsart hatten ihn veranlaßt, die körnigen Kalksteine der Juraformation näher zu untersuchen, „da diese Gebirgskette gleichfalls mit so vielen Höhlen durchzogen ist und Dolomit, Basalt und Trapp ebenso mitten im Jurakalk hervortreten".

In seinen geognostischen Profilen der Schwäbischen Alb zieht Freiherr v. Mandelsloh (48) Parallelen zwischen dem schwäbischen Jura und dem englischen und französischen. Die ungeschichteten Massen werden dabei als Coralrag aufgefaßt. Seine Anschauung über die Entstehung dieser Massen ist eine schwankende: „Häufig ist man versucht, diese hohen ungeschichteten Felsen, welche als Abstürze oder Versenkungen oft unter ihrem gewöhnlichen Niveau

in den Tälern gefunden werden, für aus der Tiefe gehobene, in ihrer Schichtung gestörte Kalkmassen zu halten, und ich war kurze Zeit derselben Ansicht, bis ich an einigen Punkten die unmittelbare Auflagerung dieser Coralfelsen auf den regelmäßig geschichteten, ungestörten und unveränderten Kalkmergelbänken des Oxfordtones beobachten konnte." Dann heißt es aber wieder: „Es scheint, daß bei Ablagerung des Coralrag plutonische Kräfte von oben herab und überströmend einwirkten. Hierfür spricht nicht nur die teilweise zerfressene, durchlöcherte Beschaffenheit der Felsen, sondern auch ihr häufiger Übergang teils in körnigen Kalk, teils in Dolomit, sowie auch die hie und da bemerkbare gestörte Schichtung."

1839 stellt G. Leube (44) eingehende chemische Untersuchungen an den Gesteinen der Ulmer Gegend an. Dabei wird auch der Arnecker Korallenfels beschrieben und die Ursache seiner hochkristallinen Struktur im Fehlen des Tons gesucht. „Die Struktur ist in reinsten Abänderungen kristallinkörnig, kleinste Beimengungen von Ton liefern völlig dichten Fels." Leube glaubt, daß das Übermaß seines Tongehaltes den Flözkalk des kristallinen Ansehens beraube.

Im gleichen Jahre erscheint das Jurawerk Leopold v. Buch's (6). Er vergleicht hier den Jurazug mit den Barrièreriffen Neuhollands. Der Dolomit ist nach ihm die Wirkung einer großen, von innen hervordringenden Ursache, welche die ursprünglichen Kalkschichten ergriffen und durchaus verändert hat. Aus dem Parallelgehen des Frankenjura mit dem Böhmerwald schließt er auf eine gewaltige, in dieser Richtung verlaufende Spalte. „Die Dämpfe, welche den Dolomit bilden, würden dann auf dieser nur überdeckten Spalte einen leichten Weg des Ausgangs gefunden haben bis in den bedeckenden Kalkstein." Interessant ist auch, wie Elie de Beaumont bei einer gemeinsamen Exkursion mit L. v. Buch (6) sich den Hergang der Dolomitbildung im Jura ausmalt: „Es sei doch gar deutlich, wie das ganze Gebirge in seiner Ausdehnung erschüttert und zersprengt worden sein müsse, wodurch die Schichten in die mannigfaltigsten Lagen gebracht worden sind." „Es setzen diese Bewegungen eine Art von allgemeinem inneren Sieden und Aufblähen voraus, wie sie bei einer Dolomitisierung wohl gedacht werden muß. Die großen und dabei häufigen, im unteren Kalkstein geöffneten Spalten lassen ungehindert die dolomitisierenden Gasarten aufsteigen bis dahin, wo die oberen, weniger weit geöffneten Schichten ihnen ein Hindernis entgegenstellen und nun in der näheren Berührung selbst verändert werden."

So sagt auch Fr. Aug. Quenstedt 1842 (61), nachdem er Marmorkalk, Zuckerkorn und Dolomit definiert hat: „Diese drei Massen liegen wechselweise nebeneinander, durchschwärmen und durchdringen sich gegenseitig. Man muß sich das Ganze ursprünglich als Marmorkalk abgelagert denken, von dessen Klüften aus allmählich die Masse in spatkörnigen Kalkfels in echten Dolomit verwandelt wurde.“ Und „diese Gesteine vermischen sich auf das unbestimmteste miteinander. Auf den kleinsten Wänden, auf unbedeutenden Straßendurchbrüchen sieht man sie ineinander verschlungen und wird unwillkürlich an die Buch'sche Dolomittheorie erinnert, als wenn eine ausgedehnte Marmormasse durch eindringende Bittererde allmählich in zuckerkörnigen und teilweise auch in wahren Dolomit verwandelt wäre“ (62, S. 447).

Eine ganz neue Theorie über die Entstehung der Epsilonmassen gibt O. Fraas 1858 (19): „Diese schichtenlosen kristallinischen Kalk- und Dolomitmassen ohne organische Einschlüsse, von der Kohlensäure der Atmosphärilien in allen Richtungen zernagt und zerfressen, erinnern so sehr an die tertiären Süßwasserfelsen eines Wallerstein, Spitzberg und Goldberg, die hinwiederum selbst ein geübter Geognost von den jurasischen Epsilons auf den bloßen Anblick nicht zu unterscheiden vermag, daß der Gedanke naheliegt, auch die jurasischen Kalkmassen als Niederschlag von jurasischen Süßwasserquellen zu erklären. Beachtet man ferner das Auftreten des Dolomit, der besonders gerne hart auf Delta lagert und alle Phasen der Mengung mit Kalk durchläuft, so erhält die Ansicht weitere Bestätigung, daß magnesiahaltende Quellen Ursache der Erscheinung sind. Der Mangel an Petrefakten läßt auf Thermen im Jurameer schließen, die nichts Lebendes im Bereich ihres Niederschlages duldeten, und, weil reich an überschüssigem kohlensauren Kalk und Bittererde, zu den Massen des Epsilons sich aufbauten. Gleichwie aber in der Tertiärzeit nur da und dort Felsmassen im Süßwassersee entstunden, wo gerade entsprechende Quellen ausbrachen, also auch zur Jurazeit. An anderen Orten mengte sich mit diesen Niederschlägen marine Bildung, die nach oben hin wieder den entschiedensten ausschließlich marinen Charakter trägt in den Sternkorallenbildungen.“ Auch Quenstedt spricht im „Jura“ (S. 690) von einer Dolomitisierung durch bittererdereiche Quellen. Den Frankendolomit kann er sich freilich so nicht erklären.

Zur selben Zeit führt Binder (5) die Entstehung der zuckerkörnigen Kalke auf die Einwirkung kohlensäurehaltiger Sicker-

wässer zurück. „Außer Kieselknollen findet man in diesen Massen einzelne Stücke, welche die kristallinische Struktur nicht haben, sondern die der unterliegenden Marmorkalke. Sie führen auf den Gedanken, man habe es durchaus mit solchem ursprünglichen Marmor zu tun, der durch irgend eine spätere Einwirkung, wahrscheinlich durch die sauren Wasser, umgewandelt worden sei.“

Während bisher der Dolomit mit Exhalationen und Quellen in Zusammenhang gebracht wurde, spricht Quenstedt 1861 in den „Epochen der Natur“ (S. 585) zum ersten Male sich für die primäre Natur des Dolomit aus. „Die Masse der Bittererde selbst scheint jedoch schon das Urmeer gebracht zu haben.“

Demgegenüber hält O. Fraas in den Erläuterungen zu Blatt Ulm (20) an der alten Ansicht fest und macht sich bezüglich der Zuckerkornbildung die Binder'sche zu eigen. „Marmor, Zuckerkorn und Dolomit gehen regellos ineinander über, so zwar, daß es oft den Anschein hat, als wäre die Marmorbildung das Ursprüngliche, die erst nach ihrem Niederschlag eine Umänderung in kristallinisches Korn oder zu Dolomit erfahren hätte. An vielen Punkten hat hier eine Umwandlung des zuckerkörnigen Kalkes und Dolomits begonnen, ohne jedoch weiter als bis zur Bildung weniger Kubikfuß großer Massen gekommen zu sein. Es zeigen sich dort deutliche Übergangsstufen von Kalk in Dolomit, die unwillkürlich zur Ansicht drängen, daß der Dolomit aus dem Zuckerkorn, dieses aus dem Marmor entstand, nachdem das Gebirge über das Jurameer erhoben war. Man hat vom Dolomit den Eindruck eines Fremdlings im zuckerkörnigen Kalk, der irgend zufällig etwa durch bittererdehaltige Quellen entstanden ist.“

1871 bringt Gümbel Beweise dafür, daß der Dolomit keine sekundäre metamorphe Bildung sein könne, vielmehr ursprünglich aus dem Meer abgesetzt worden sei (27).

Mit Theodor Engel's Hauptarbeit, dem „Weißen Jura“ in Schwaben (1877), kommt ein neuer Gedanke, der übrigens von L. v. Buch für den Jura als Ganzes schon früher ausgesprochen worden war, in die Auffassung der Epsilonmassen herein. In Anlehnung an die korallogene Deutung der Dolomiten durch Fr. v. Richthofen sagt er: „Die Korallen im Oberen Weißen Jura gehören nicht nur einem Teil, nämlich bloß den obersten Lagen des Quenstedt'schen Epsilon an, sondern gehen durch ganz Epsilon hindurch, mit anderen Worten, ich sehe die drei in diesem Horizont bei uns zutage tretenden Faziesunterschiede von Dolomit, Marmor

und Zuckerkorn nicht nur geologisch als gleichzeitige, sondern auch paläontologisch als identische Bildungen an.“ „Im Laufe der Zeit und unter Einwirkung uns jetzt nicht mehr bekannter chemischer und physikalischer Prozesse hat sich die Korallenstruktur nach und nach verwischt und ist zu homogener Gebirgsmasse geworden; die jüngste Generation dieser Tiere dagegen blieb uns durch günstige Umstände in ihren Gehäusen und Stöcken erhalten. Ursprünglich waren die vier Fazies Dolomit, Zuckerkorn, Marmor und Korallenkalk ein und dasselbe, nämlich Korallenstöcke.“ Für die Dolomitisierung nimmt auch Engel bittererdehaltige Quellen in Anspruch.

O. Fraas hat sich jetzt ebenfalls diese Anschauung angeeignet. Er schreibt 1882 (21): „Die Korallen gehen durch das ganze Epsilon durch und scheinen die Felsen des Zuckerkorn, Marmor und Dolomit samt und sonders aus Korallenriffen hervorgegangen zu sein, deren Struktur nach und nach in gestaltlosen Kalk verschwand. Zwischenhinein stellen sich tonige Bänke ein, die alsbald von Korallen und Rifftieren wimmeln. An vielen Stellen wuchert Epsilon in die Plattenkalke hinein.“ Ebenso sieht sich Quenstedt zum Vergleich mit Korallenriffen genötigt: „Zuletzt bleibt nur noch ein Ankerpunkt, das sind die Zetaplatten, wozu unsere berühmten Solnhofener Schiefer gehören, die sich, wie die Lagunen zwischen tropischen Korallenriffen, in Gesenken niedergeschlagen haben, daher den plumpen Epsilonfelsen abweichend anlagern“ (68, S. 818).

Auf dieses Verhältnis von Epsilon und Zeta geht Engel in einem Aufsatz über die Lagerungsverhältnisse im Oberen Weißen Jura 1893 (12) näher ein: „Das Massen- oder jetzige Felsgestein bildete schon im ursprünglichen Jurameer Riffe, zwischen denen in stillen Buchten der Meeresschlamm, unser heutiges Zeta, sich absetzte. Beide Formen, die Korallen und Tiefseefauna, waren von Haus aus verschieden, haben aber gleichzeitig und nebeneinander gelebt.“ „Wir sehen demnach unseren Weißen Jura Epsilon und Zeta nicht mehr als dem Alter, sondern nur als der Fazies nach verschiedene Bildungen an.“

Die Ansicht Engel's war schon 1864 von W. Waagen (83) ausgesprochen worden: „Nach der gewöhnlichen Auffassung betrachtet man freilich die Korallenschichten als eine den Schiefern vorhergegangene Bildung, was auch vielleicht teilweise der Fall sein mag, dennoch aber glaube ich, daß auch dann noch, als schon die Ablagerung der Schiefer begonnen hatte, die Korallentiere an

ihren Stöcken werden fortgebaut haben. So sehen wir die Korallenfelsen riffartig in hohen Kuppen emporragen, während der Schiefer, diese Riffe umgebend, erst im Grunde der Hochtäler sich findet. Da also die lithographischen Schiefer immer in Begleitung von Korallenablagerungen sich finden, so wird man sehr natürlich auf die Vermutung geleitet, daß eben es die Korallen seien, welche die Bildung des Schiefers begünstigten, und zwar geschah dies höchstwahrscheinlich dadurch, daß sie riffebildend den Wogen des Meeres Dämme entgegenstellten und so äußerst ruhige Meeresbecken abgrenzten, in denen die Ablagerung der wohlgeschichteten Kalke ermöglicht wurde."

In „Schwabens 125 Vulkanembryonen" äußert sich W. Branco (7) 1894 in demselben Sinne: „Auch pflegt Zeta keineswegs stets dem Epsilon auf-, sondern vielmehr oft angelagert zu sein, in diesen Fällen stehen Höhe und Bucht zueinander in ähnlicher Beziehung wie bei den Koralleninseln Atoll und Lagune. Indessen darf man sich nicht regelmäßige Atolle, also nicht ringförmige Epsilonringe vorstellen, dies findet nur hie und da statt. Im übrigen haben wir eine ausgedehnte, nach beliebigen Richtungen wuchernde Riffbildung, welche zahlreiche Lagunen in sich einschloß." Desgleichen E. Fraas (18) 1897: „Die Korallen und Spongien wucherten an einzelnen Stellen mehr, an anderen weniger, so daß lokale Anhäufungen und Riffe entstanden, zwischen welchen tiefere Mulden und atollartige Tümpel freiblieben. Alle feinere Struktur der organischen Massen, welche einst diese Riffe aufbauten, ist verloren gegangen, eine Erscheinung, die wir auch an den jetzigen rezenten Korallenriffen wiederfinden."

1899 schreibt dann E. Philippi (58) über den Dolomit der Schwäbischen Alb: „Die obersten Schichten der massigen Jurakalke der Schwäbischen Alb sind genau wie der Conchodondolomit hochkristallin geworden und an vielen Punkten dolomitisiert. In Spalten reicht die Dolomitisierung noch tief in die Massenkalke herein. Die unveränderten Kerne sind dicht und werden als Marmor vom kristallinen Zuckerkorn unterschieden. Auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb ist eine Zuführung von Magnesia durch Quellen undenkbar. Die Anreicherung von Magnesia und die Bildung von Normaldolomiten, wie sie an vielen Stellen der Schwäbischen Alb stattgefunden haben, kann also nur dadurch erklärt werden, daß dolomitische Kalke durch Tagesgewässer ausgelaugt und umkristallisiert wurden."

Während bisher von allen Seiten die Epsilonsedimente insgesamt als korallogene Bildung aufgefaßt wurden, kommt jetzt durch die Koken'sche Schule eine andere Ansicht zur Herrschaft. Das tatsächliche Fehlen von Korallen im echten Marmor, das als ursprüngliches angesehen werden muß, das vergebliche Bemühen, solche in Zuckerkorn und Dolomit nachzuweisen, hatte Theodor Schmierer dazu geführt, ihre korallogene Natur in Abrede zu stellen. Die Häufigkeit der Schwämme, vielleicht in Verbindung mit der Rauff'schen Hypothese über die Bildung strukturloser Kalke aus Schwämmen, konnte andererseits als Argument gelten, die Massenkalke in der Hauptsache als Schwammbildung aufzufassen, wozu dann die Philippi'sche Anschauung über die Dolomitbildung durch Auslaugung gekommen sein mag. Das an vielen Stellen zu beobachtende Aufgewachsensein der Korallenkalke auf den Massenkalken, sowie das Vorhandensein anscheinender „Erosionsbreccien" führte weiter zur völligen zeitlichen Trennung der Korallenkalke und Zetaschichten von den „Schwammbildungen" Marmor, Zuckerkorn und Dolomit, deren Riffnatur geleugnet wird. Erstere werden in die Zone der *Oppelia lithographica* und des *P. ulmensis* eingeordnet, letztere in die des *Aul. pseudomutabilis* und *eudox.* Dies geschieht in gleicher Weise durch W. Haizmann (76, 32).

Trotzdem vertritt Joh. Walther (88), der in Begleitung von E. Fraas die schwäbischen Verhältnisse studiert hat, 1904 wieder die alte Rifftheorie. Den Dolomit erklärt er als eine dem Dolomit der jetzigen Korallenriffe analoge Erscheinung.

1908 setzt sich dann Theodor Engel (13) mit den Ergebnissen Th. Schmierer's auseinander, er beharrt auf seiner alten Ansicht, ohne jedoch einen Beweis dafür beibringen zu können.

Was uns bei dem historischen Material auffällt, ist einmal die Abhängigkeit der Erklärungsversuche von den großen Gedanken, die die Zeit beherrschen, dann das Parallelgehen der Deutung der alpinen Dolomite und der Massenkalke der Alb.

Nehmen wir erst den Dolomit für sich. Sowohl auf das alpine wie auf das jurasische Gestein wird die plutonistische Theorie L. v. Buch's angewandt (v. Buch, de Beaumont, v. Mandelsloh). Sie wird bei uns abgelöst durch die neptunistischen Betrachtungen von O. Fraas, der magnesiahaltige Quellen in Anspruch nimmt (Quenstedt, Engel). Späterhin nimmt Gümbel für die Alpen ebenso wie für die Alb ursprüngliche Dolomitbildung an. Mit dem Bekanntwerden rezenter hochprozentiger Dolomite korallogenen Ursprungs

ist man bestrebt, auch die jurasischen und triadischen Dolomite so zu erklären (v. Richthofen, v. Mojsisovics, Joh. Walther); andererseits wird Philippi durch seine Beobachtungen am alpinen Conchodondolomit dazu geführt, auch den Dolomiten der Schwäbischen Alb eine Entstehung durch Auslaugung zuzuschreiben.

In ähnlicher Weise ist die Deutung der fossilen Kalkstöcke mit den gerade für diese Dinge herrschenden Theorien verknüpft. So wurde von v. Richthofen im Anschluß an die Darwin'sche Theorie die korallogene Natur der ladinischen Massen ausgesprochen und Waagen und Engel taten dies in gleicher Weise für den oberen Weißen Jura. So vollzog sich auch mit dem Auftreten der neuen Theorien von Agassiz, Guppy, Murray, Semper eine Schwenkung. Für die alpinen Dolomite wie für die Massenkalke wurde nun jede wesentliche Teilnahme von Korallen in Abrede gestellt (Ogilvie, Rothpletz, Salomon, Schmierer).

Zusammenfassung der Resultate.

1. Der zuckerkörnige Kalk ist nicht lediglich ein Produkt der Atmosphärilien; er ist weder an Spalten noch an die Oberfläche gebunden. Sein jetziger Zustand ist letzten Endes bedingt durch eine ursprüngliche Zusammensetzung aus riffbildenden Organismen. Es wurden an verschiedenen Orten Hydrozoen der Gattung *Ellipsactina* nachgewiesen.
2. Die Hauptmasse des typischen Dolomits ist nicht an Spalten gebunden; sie ist weder durch pneumatolytische Vorgänge erzeugt, noch durch magnesiahaltige Quellen. Sie scheint vielmehr im Zusammenhang mit den Hydrozoenriffen auf vorwiegend diagenetischem Wege entstanden zu sein. Die Auslaugung weniger dolomitischer Partien ergibt reinere, sandige Dolomite.
3. Der „Marmor", oder besser „dichte Felsenkalk" ist weder korallogen, noch vorzugsweise aus Schwämmen und Echinodermen zusammengesetzt. Zu diesen treten einerseits Kalkalgen, Foraminiferen, Bryozoen, Mollusken, andererseits Ooide und Kalkkrusten, sowie Teile aufgearbeiteten Sedimentes.
4. Weder in den typischen Ooiden noch in den Kalkkrusten konnten Kalkalgen oder sonstige Organismen aufgefunden werden. Die unter Teilnahme von Organismen (Girvanellen, Ophthalmidien) aufgebauten Knollen unterscheiden sich scharf von ihnen.
5. Graubraune, schuppig-bröcklige, kleinknollige „Flaserkalke" bilden die Rand- und Grenzfazies der dichten Felsenkalke.

6. Die Korallenkalke scheinen eine von Zuckerkorn, Marmor und Dolomit verschiedene Bildung zu sein, können aber von diesen zeitlich nicht absolut getrennt werden.
7. Die „Grenzbreccien" sind keine Erosionsprodukte fester Felsmassen, sondern entstanden z. T. wahrscheinlich durch Subsolifluktion noch plastischen Materials.
8. Die Oolithe des Brenztals sind diagonal geschichtete Trümmersande, wie sie in der Jetztzeit bei Trockenlegung von Korallenriffen unter negativem Meereswandel gebildet werden (Joh. Walther).
9. Sämtliche Sedimente des Weißen Jura Epsilon (Quenstedt finden ihre Erklärung als Teile eines großen Rifforganismus.

Verzeichnis der angeführten Literatur.

1. Achenbach, A.: Geognostische Beschreibung der Hohenzollernschen Lande. Z. d. D. g. G. VIII. 1856.
2. v. Alberti, Fr.: Die Gebirge des Königreichs Württemberg, mit einem Anhang über die Gesteine von Schübler, 1826.
3. Andree, K.: Über Sedimentbildung am Meeresboden. Geol. Rundschau. III. H. 5/6. S. 347.
4. v. Arthaber, Die alpine Trias des mediterranen Gebiets. Leth. Geogn. II. B. 1. Liefg. 3. Stuttgart 1905.
5. Binder, Geognostisches Profil des Eisenbahn-Einschnitts von Geislingen nach Amstetten. Diese Jahresh. 14. 1858. S. 85.
6. v. Buch, L.: Über den Jura in Deutschland. Berlin 1839.
7. Branco, W.: Schwabens 125 Vulkanembryonen etc. Diese Jahresh. 50. 1894. S. 526.
8. Klement, C.: Über die Bildung des Dolomits. Tscherm. Min.-petr. Mitt. 14. 1895. S. 526.
9. Deninger, K.: Einige neue Tabulaten und Hydrozoen aus mesozoischen Ablagerungen. N. J. f. M. etc. 1906. I.
10. Doelter und Dittler: Bauxit oder Sporogelit? Centralbl. f. Min. etc. 1913. S. 193.
11. Engel, Th.: Der „Weiße Jura" in Schwaben. Diese Jahresh. 1877.
12. — Über die Lagerungsverhältnisse des oberen Weißen Jura in Württemberg. Diese Jahresh. 1893. XXV—XXXIV.
13. — Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. 1908.
14. Fischer, E.: In welchen Meerestiefen haben sich unsere Juraschichten gebildet? Diese Jahresh. 1912. CII.
15. — Geognostische Beschreibung des Lochengebietes bei Balingen. Geol.-Pal. Abh. v. Koken. N. F. XI. 1913.
16. Fischer, H.: Über die Aufnahme von Magnesia in Kalksedimenten. Monatsber. d. D. g. G. 1910. S. 253.
17. Fraas, E.: Geogn. Profile der württ. Eisenbahnlinien. V. Liefg. 1893.
18. — Beschreibung des Oberamts Ulm, geologischer Teil. 1897.

19. Fraas, O.: Geognostische Horizonte im weißen Jura. Diese Jahresh. 14. 1858.
20. — Begleitwort zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg, Atlasbl. Ulm. 1866.
21. — Geognostische Beschreibung von Württemberg. Baden und Hohenzollern. 1882.
22. Früh, J.: Gesteinsbildende Algen der Schweizer Alpen. Abh. Schweiz. paläont. Ges. XVII. 1890.
23. Fuchs, Th.: Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? N. J. f. M. etc. 1883. BB. II.
24. Gaub, Fr.: Die jurassischen Oolithe der Schwäbischen Alb. Geol.-Pal. Abh. v. Koken. N. F. IX. (1.) 1908.
25. Gardner, J. H.: The physical origin of certain concretions. Ref. im N. J. f. M. etc. 1911. II. 60.
26. Gümbel, K. W.: Vorläufige Mitteilung über Tiefseeschlamm. N. J. f. M. etc. 1870. S. 753.
27. — Die geognostischen Verhältnisse des Ulmer Cementmergels. Akad. Wiss. München. Math.-phys. Kl. 1871 von Aragourt.
28. — Über die Beschaffenheit der Molluskenschalen. Z. d. D. g. G. 36. 1884. S. 386.
29. — Der Frankenjura. Cassel 1891.
30. Gürich, G.: Les Spongiostromides du Viséen de la Prov. de Namur. Mém. Mus. Roy. d'Hist. Nat. de Belg. T. III. 1906.
31. — Spongiostromidae, eine neue Familie krustenbildender Organismen aus dem Kohlenkalk von Belgien. N. J. f. M. etc. 1907. I. 131.
32. Haizmann, W.: Der weiße Jura Gamma und Delta in Schwaben. N. J. f. M. etc. BB. XV. 1902. S. 473.
33. Haug, E.: Über sogen. *Chaetetes* aus mesozoischen Ablagerungen. N. J. f. M. etc. 1883. I. 171.
34. Heim, A.: Über rezente und fossile subaquatische Rutschungen und deren lithologische Bedeutung. N. J. f. M. etc. 1908. I. S. 136.
35. Hermann, R.: Der Dolomit in seiner stratigraphischen Bedeutung mit Berücksichtigung seiner Entstehung. Z. d. D. g. G. 1908. 60.
36. Kalkowsky, E.: Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. Z. d. D. g. G. 1908. 60.
37. Kayser, E.: Allgemeine Geologie. III. Aufl. 1909.
38. — Geologische Formationskunde. III. Aufl. 1908.
39. Klunzinger: Bilder aus Oberägypten etc. Stuttgart 1877.
40. Kišpatić, M.: Die Bauxite des kroatischen Karstes und ihre Entstehung. N. J. f. M. etc. BB. XXXIV. 1912. S. 513.
41. Kohler: Adsorptionsprozesse bei der Lagerstättenbildung. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1903.
42. Krümmel, O.: Handbuch der Ozeanographie. I. 1907.
43. Langenbeck, R.: Der gegenwärtige Stand der Korallenrifffrage. Geogr. Zeitschr. 13. 1907. S. 24.
44. Leube, G.: Geognostische Beschreibung der Umgegend von Ulm. 1839.
45. Linck, G.: Über die Bildung der Karbonate. In: Doelter's Handbuch der Mineralchemie. I. 113.

46. Loretz, H.: Untersuchungen über Kalk und Dolomit. Z. d. D. g. G. 30. 1878. S. 387.
47. v. Lupin, Fr.: Resumé der auf verschiedenen Reisen in das Schwäbische Alb-Gebirge gemachten geognostisch mineralogischen Beobachtungen. Denkschr. d. Kgl. Akad. Wiss. München. 1809/10.
48. v. Mandelsloh, Fr.: Geognostische Profile der Schwäbischen Alb. Ber. 12. Versamml. deutscher Naturf. u. Ärzte zu Stuttgart. 1834.
49. May, W.: Die neueren Forschungen über die Bildung der Korallenriffe. Zoolog. Zentralbl. IX. 1902. S. 229.
50. Meigen, W.: Eine einfache Reaktion zur Unterscheidung von Calcit und Aragonit. Centralbl. f. Min. etc. 1901. S. 577.
51. — Neuere Arbeiten über die Entstehung des Dolomits. Geol. Rundschau. I. 3. 1910.
52. v. Mojsisovics, E.: Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1879.
53. Murray, J.: On the structure and origin of coral Reefs and Islands. Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh. 1879—80. S. 505.
54. Nahnsen, M.: Über die Gesteine des norddeutschen Korallenooliths. N. J. f. M. etc. 1913. BB. XXXV. S. 277.
55. Pfaff, Fr.: Allgemeine Geologie als exakte Wissenschaft. Leipzig 1873.
56. Pfaff, F. W.: Über Dolomit und seine Entstehung. N. J. f. M. etc. 1907. XXIII. BB. S. 572.
57. Philipp, H.: Paläontologisch-geologische Untersuchungen der Gegend von Predazzo. Z. d. D. g. G. 1904. S. 1.
58. Philippi, E.: Über einen Dolomitisierungsprozeß am südalpinen Conchodondolomit. N. J. f. M. etc. 1899. I. 43.
59. — Dolomitbildung und Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. N. J. f. M. etc. Festband 1907. S. 397.
60. Pompeckj, J.: Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Regenstauf. Geognost. Jahresh. 1901. 139—230.
61. Quenstedt, Fr. A.: Beschreibung des Oberamts Geislingen. Geol. Teil. 1842.
62. — Das Flözgebirge Württembergs. Tübingen 1843.
63. — Der Jura. Tübingen 1858.
64. — Epochen der Natur. Tübingen 1861.
65. — Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Blatt Urach. 1869.
66. — Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Blatt Saulgau und Riedlingen. 1881.
67. — Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Blatt Tuttlingen. Friedingen, Schwenningen. 1881.
68. — Die Ammoniten des schwäbischen Jura. 1885. Stuttgart.
69. Rauff, H.: Palaeospongiologia. Palaeontogr. 1893. Bd. XL.
70. Reis, O. M.: Ref. zu Kalkowsky. N. J. f. M. etc. 1908. II. S. 114.
71. Reis, O. W.: Schichtenfolge und Gesteinsausbildung in der fränk. Trias. Geogn. Jahresh. 1909.
72. Rothpletz, A.: Ein geol. Querschnitt durch die Ostalpen. 1894. S. 53.
73. — Über Algen und Hydrozoen im Silur von Gotland und Ösel. K. Svensk. Vetenskap. Ak. Handl. Bd. 43. 1908.

74. Salomon, W.: Die Adamellogruppe. Abh. d. k. k. geol. Reichsanstalt. Wien. Bd. 21. 1908.
75. Schalch: Das Gebiet nördlich vom Rhein (Kanton Schaffhausen, Höhgau, Schienerberg). Beitr. zur geol. Karte d. Schweiz. 19. Liefg. 1883.
76. Schmierer, Th.: Das Altersverhältnis der Stufen „Epsilon" und „Zeta" des Weißen Jura. Z. d. D. g. G. 1902. S. 525.
77. Steinmann, G.: Über fossile Hydrozoen aus der Familie der Coryniden. Palaeontogr. 25. 1878. Bd. I.
78. — Über Schalen- und Kalksteinbildung. Ber. d. naturf. Ges. Freiburg i. B. 4. Bd. 1889. S. 282.
79. Thompson, Beeby, Esq.: Landscape Marble. Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London. Vol. 50. p. 393.
80. Tućan, F.: Terra rossa, deren Natur und Entstehung. N. J. f. M. etc. XXXIV. BB. S. 401.
81. Voeltzkow, A.: Über Coccolithen und Rhabdolithen etc. Abhandl. d. Senckenberg. Naturf. Ges. 26. 1902.
82. Vogelgesang und Zittel: Geologische Beschreibung der Umgebungen von Möhringen und Meßkirch. Beitr. z. Statistik d. inneren Verwaltung d. Großherz. Baden. 26. H. 1867.
83. Waagen, W.: Der Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz. Z. d. D. g. G. XVII. 1864.
84. Walther, Joh.: Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel. Z. d. D. g. G. 1885.
85. — Die Korallenriffe der Sinai-Halbinsel. Abh. d. k. S. Ges. Wiss. Leipzig 1888.
86. — Die Adamsbrücke und die Korallenriffe der Palkstraße. Peterm. Erg.-Hefte. 102. Gotha 1891.
87. — Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. 1893.
88. — Die Fauna der Solnhofener Plattenkalke, bionomisch betrachtet. Jenaische Denkschr. XI. 1904.
89. — Die Sedimente der Taubenbank im Golfe von Neapel. Anhang zu d. Abhandl. d. K. Pr. Akad. Wiss. 1910.
90. — Geologie Deutschlands. 1910.
91. Weinland, O. F.: Westindische Inselbildungen etc. N. J. f. M. etc. 1860. S. 213.
92. Wethered, E.: On the occurrence of the Genus *Girvanella* in Oolitic Rocks and Remarks on Oolitic Structure. Quart. Journ. Geol. Soc. London. Vol. 46. 1890. p. 270—83.
93. Würtenberger, Fr. J. u. L.: Der Weiße Jura im Klettgau und angrenzenden Randengebiet. Verh. des naturw. Vereins in Karlsruhe. 2. H. 1866.
94. Yakowlew, N.: Did Coral-Reefs exist in Palaeozoic Times? Ref. in Geol. Mag. 1913. S. 227.
95. Zirkel, F.: Lehrbuch der Petrographie. III. 1894. S. 465.
96. Zittel, K.: Handbuch der Paläontologie. I. Bd. 1880.

Die vorliegenden Ausführungen gründen sich auf ein etwa drei Monate langes Studium im Gelände, die Untersuchung von mehreren hundert Handstücken, sowie ca. 250 Dünnschliffen.

Der größte Teil der letzteren, wie auch die Mikrophotographien wurden von mir im Mineralogischen Institut der Kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart angefertigt.

Es ist mir nun Bedürfnis, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. A. Sauer von Herzen dafür zu danken, daß er mir diese schöne Aufgabe anvertraut hat. Er ist den Untersuchungen mit großem Interesse gefolgt und stand mir stets mit seinem Rat zu Seite. Dank schulde ich auch Herrn Prof. Dr. M. Schmidt und Herrn Prof. Dr. J. F. Pompeckj für ihre freundliche Unterstützung. Herr Dr. Fr. Gaub stellte mir in zuvorkommender Weise eine Serie von Oolithdünnschliffen zur Verfügung, wofür ich ihm ebenfalls bestens danke.

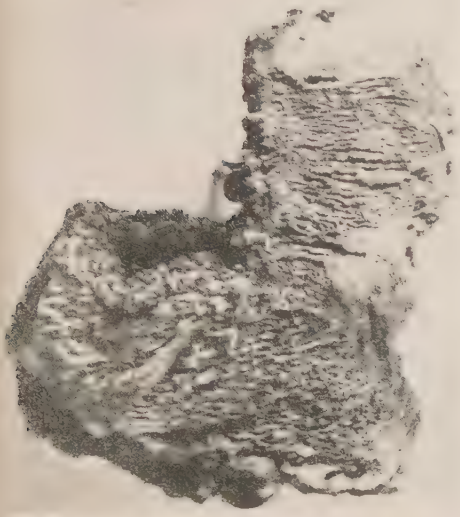
Erklärung zu Tafel I.

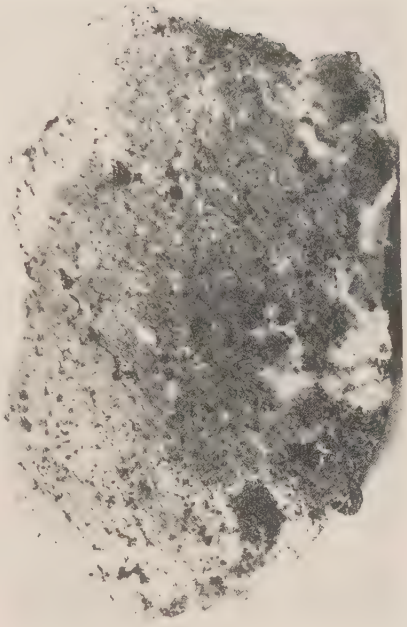
Fig. 1. In der Mitte Zuckerkorn mit Höhlen, rechts und besonders links treten an ihn senkrecht zerklüftete dichte Felsenkalke heran. Großer Bruch. Lonsee.

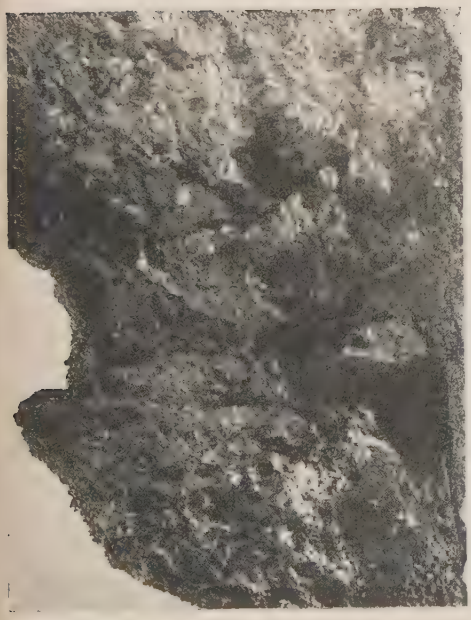
„ 2. Diagonalschichtung der Trümmerkalke des Brenztales. Aus den tiefsten Teilen des „Oolith"-Bruches zu Heidenheim.

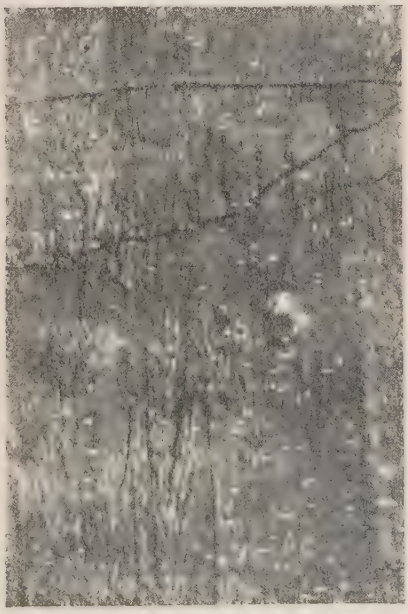
„ 3. Angewittertes Stück von *Ellipsactinia suevica* n. sp., zeigt in den unteren Teilen die außerordentliche Unregelmäßigkeit der schwäbischen Formen. Aufschluß an der Straße Bermaringen—Weidach. Etwas verkl.

„ 4. Dasselbe, angeschliffen. Die Struktur wird hier so fein, daß man sie an manchen Stellen kaum mehr in ihre einzelnen Lamellen aufzulösen vermag. Dieselbe Lokalität wie Fig. 1. In natürlicher Größe.









Erklärung zu Tafel II.

Fig. 1. Struktur von *Ellipsactinia suevica*. Linsenförmige Polypenräume, horizontales Wachstum. Der Kalk der Lamellen ist in allen Fällen stark umkristallisiert und läßt keine ursprünglichen Strukturmerkmale mehr erkennen. Bermaringen—Weidach. Vergr. 10.

„ 2. Dolomit von der Schwammkalkbasis der Hydrozoenkalke. Zeigt die nestartige Anordnung der Dolomitkristalle, sowie die zentralen Einschlüsse ursprünglichen Kalksedimentes in diesen. Dolomitbruch bei Urspring. Vergr. 22.

„ 3. Zonarer Aufbau von Dolomitkristallen. Hundersingen. Vergr. 22.

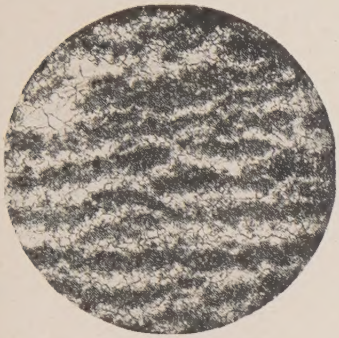
„ 4. Kalkkruste, die Vergesellschaftung mit Ooiden und die teilweise Zusammensetzung aus solchen zeigend. Massenkalkbrüche von Neuhaus—Amstetten. Vergr. 10.

„ 5. Anorganische „vermikuläre" Struktur und Wolkenbildung (als allgemeine Erscheinung in vielen Flaserkalken). Oberstotzingen. Vergr. 10.

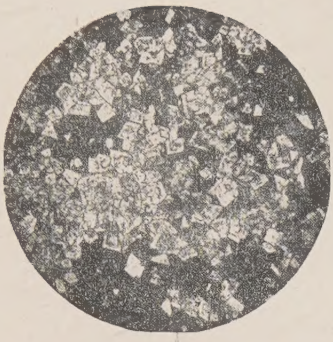
„ 6. Dasselbe, in der Mitte mit Ophthalmidienknolle. Vergr. 22.

„ 7. *Solenopora polypora* Quenstedt. Man erkennt die polygonalen Scheidewände und das runde Lumen. Die Begrenzung desselben verschwindet durch Umkristallisation. Etwas links von der Mitte ist ein Längsseptum zu erkennen, das dornförmig in die Zelle hereinragt. Inmitten der polygonalen Wände sieht man zahlreiche, scharf ausgebildete Quarzkristalle mit Calcitkern. Zähringen, Korallenkalke. Vergr. 22.

„ 8. Längsschnitt derselben. Er ist nicht exakt, wie man aus der Verkürzung der oberen Zellen sieht. Die Zellen sprossen zwischen einander hervor. Die Wände sind wellig gebogen. Die zonale Anordnung der Querböden bedingt den lagenförmigen Bau des Stockes.

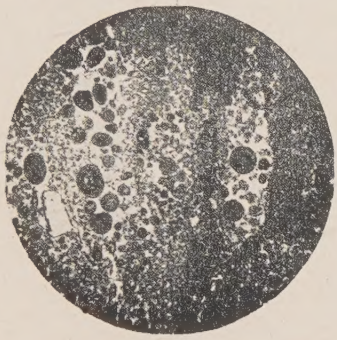


1

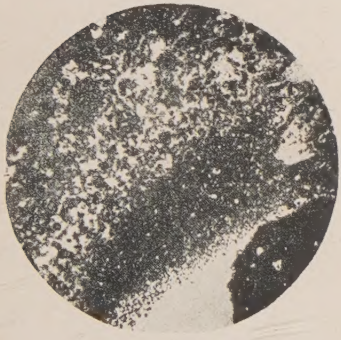


2

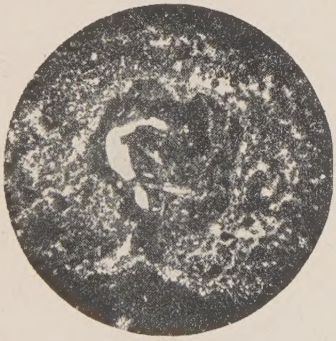
3



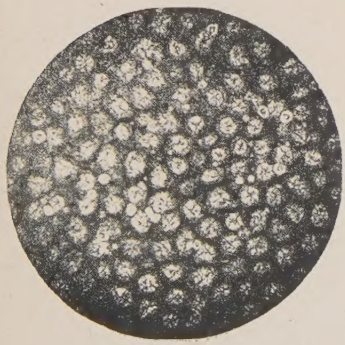
4



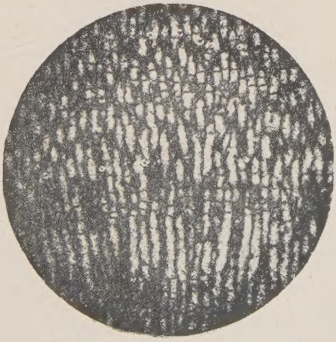
5



6



7



8